This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

UC-NRLF
$B 31 930

C 18315

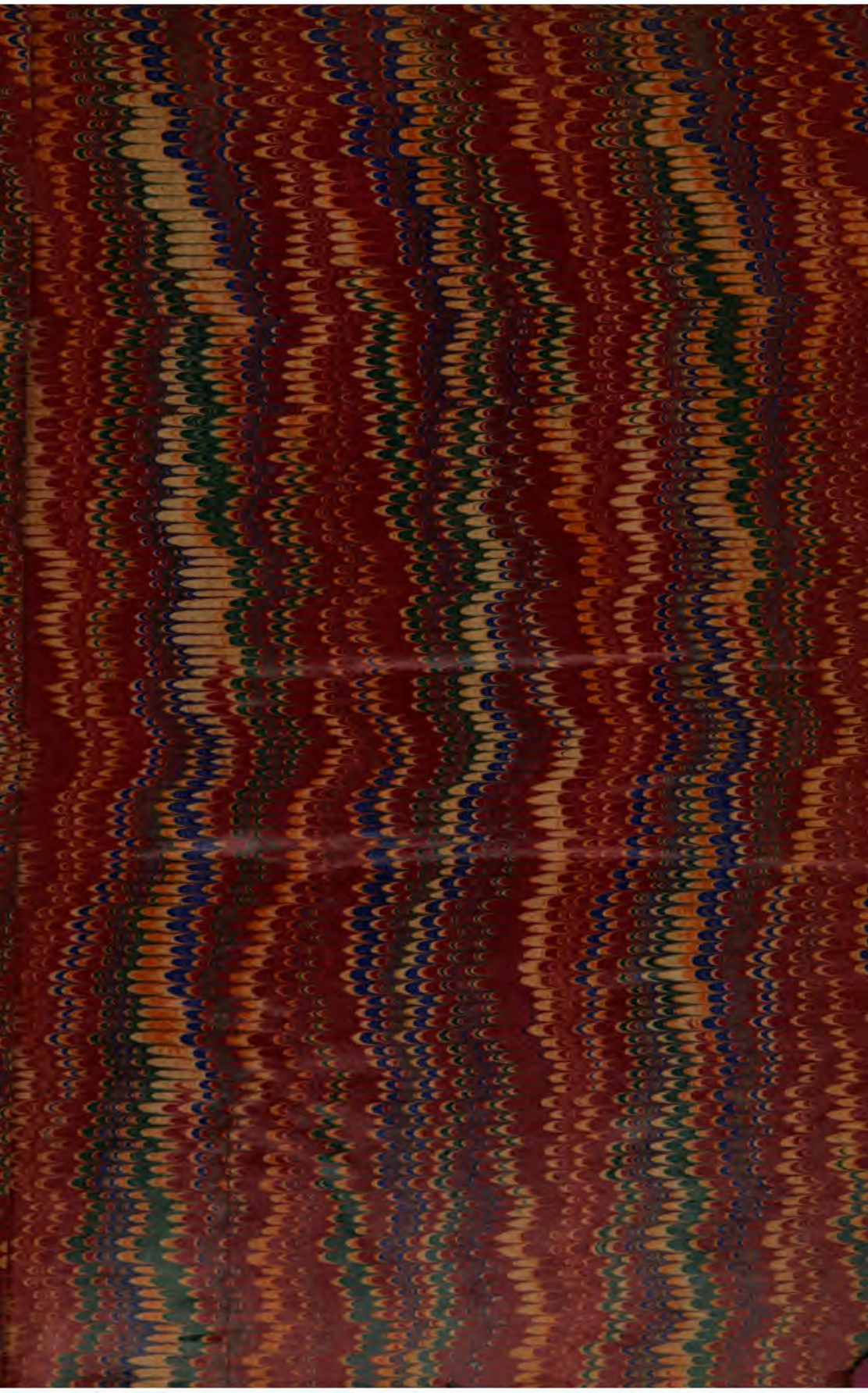
Horsin-Déon

LIBRARY
OF THE
UNIVERSITY OF CALIFORNIA.

GIFT OF THE
STATE VITICULTURAL COMMISSION.

Received, January, 1896.

Accession No. 61581. *Class No.*



Nous nous réservons le droit de traduire ou de faire traduire cet ouvrage en toutes langues. Nous poursuivrons conformément à la loi et en vertu des traités internationaux toute contrefaçon ou traduction faite au mépris de nos droits.

Le dépôt légal de cet ouvrage a été fait en temps utile, et toutes les formalités prescrites par les traités sont remplies dans les divers États avec lesquels il existe des conventions littéraires.

Tout exemplaire du présent ouvrage qui ne porterait pas, comme ci-dessous, notre griffe, sera réputé contrefait, et les fabricants et les débitants de ces exemplaires seront poursuivis conformément à la loi.

AVIS.

Le lecteur remarquera que cet ouvrage est extrait d'une publication très importante (1).

Les rédacteurs de cette vaste publication ne se sont pas bornés à faire connaître les progrès qui se sont manifestés dans les diverses industries pendant l'exposition universelle, mais chacun d'eux a fait un travail historique, technique, théorique et pratique sur l'industrie dont l'examen lui était confié, en y ajoutant des renseignements exacts sur les inventions nouvelles ou les perfectionnements qui n'ont pas figuré à l'exposition.

---

(1) *Nouvelle Technologie des Arts et Métiers,* 2e partie *(Études sur l'exposition de 1878)* 9 vol. gr. in-8, ensemble 5,200 pages avec 1,000 figures dans le texte et un atlas de 227 planches in-4 et in-fo. — Prix : 100 francs.

Paris. — Typ. Deurbergue, boulevard de Vaugirard, 113.

BIBLIOTHÈQUE DES SCIENCES INDUSTRIELLES ET AGRICOLES
2e SÉRIE. — ARTS ET MÉTIERS.

CHIMIE INDUSTRIELLE

LA DISTILLATION

APPAREILS

ET

MODES DE FABRICATION LES PLUS EN USAGE ET LES PLUS NOUVEAUX

PAR

M. PAUL HORSIN-DÉON, CHIMISTE

NOUVELLE ÉDITION

Augmentée d'une Note sur l'Appareil Kessler

80 pages de texte, 22 figures et 6 planches.

PARIS
LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE
EUGÈNE LACROIX ET Cie, ÉDITEURS,
112, boulevard de Vaugirard, 112
Anciennement 54, rue des Saints-Pères, et 15, quai Malaquais.
1885
Tous droits réservés.

TP593
H6

61581

TABLE DES MATIÈRES.

PREMIÈRE PARTIE : **Partie technique.**

Pages

Partie technique 111
De l'alcool 111
Des matières alcoolisables 114
Glucoses 114
Sucre 115
Matières amylacées. 116
Dextrine. 118
Cellulose 118
Fermentations 119
Distillation 125
Appareils distillatoires 126
Fabrication des divers liquides alcooliques 138
Alcool de vin. 138
— de mélasse 142
— de betterave 143
— de grains 148
— de pomme de terre. 153
Rectification 157

DEUXIÈME PARTIE : **Revue des produits et appareils de distillation.**

Alcools. 161
Distillation des mélasses. 162
— des betteraves. 163
Alcools de grains, de maïs, de vins, etc 165
Appareils réfrigérants 166
Grands appareils distillatoires 167
Appareils divers 171
Expériences sur l'appareil distillatoire, dit érorateur, de M. Kessler. . . 177

TABLE DES FIGURES.

Figures.		Pages.
1.	— Levûre de bière	126
2-3.	— Plateau de Pistorius	130
4.	— Plateaux analyseurs	131
5-7.	— Appareils Champonnois	132
8.	— Régulateur Savalle	136
9.	— Éprouvette Savalle	137
10.	— Réchauffeur tubulaire	138
11-12.	— Appareil Allègre	140
13.	— Appareil de diffusion dans un seul vase	143
14.	— Macérateur Lacambre	150
15.	— Macérateur anglais	150
16.	— Cuisson de la pomme de terre	154
17-18.	— Coupe et plan des plateaux Egrot	169
19.	— Petit appareil Egrot	170
20.	— Appareil distillatoire locomobile	173
21.	— Le même appareil, modèle réduit	175
22.	— Appareil distillatoire Kessler	178

LÉGENDE DES PLANCHES.

Planches.

I. — Fig. 1. Alambic simple. — 2. Appareil distillateur d'Adam. — 3 à 8. Appareils Cellier-Blumenthal. — 1. Appareil de Pistorius. — 10. Appareil Coffey. — 11. Appareil à refroidir les moûts.

II. — Fig. 1. Appareil de Pistorius modifié. — 2, 3 et 4. Appereil belge. — 5. Appareil rectangulaire Savalle.

III. — Fig. 1. Appareil à distiller Savalle. — 2 Appareil à rectifier. — 3. Appareil à rectifier Savalle. — 4 et 5. Plan et coupe d'un atelier de distillation.

IV. — Ensemble des appareils Savalle.

V. — Fig. 1. Petit alambic pour distillation des rhums et eaux-de-vie. — 2. Grand appareil produisant directement l'alcool à 94°. — 3. Plan de la figure 1. — 4. Appareil distillatoire locomobile.

VI. — Fig. 1. Appareil Champonnois. — 2. Appareil d'essai Savalle. — 3. Appareil Egrot. — 4. Appareil locomobile Egrot.

LA DISTILLATION

APPAREILS ET

MODES DE FABRICATION LES PLUS EN USAGE

ET LES PLUS NOUVEAUX

PAR M. PAUL HORSIN-DÉON

SOMMAIRE.

I. *Partie technique* : DE L'ALCOOL. — Alcoométrie, propriétés générales des alcools. — MATIÈRES ALCOOLISABLES, matières sucrées et amylacées. — FERMENTATIONS alcoolique, lactique, etc. Levains. — DISTILLATIONS, théorie, appareils distillatoires. — FABRICATION DES DIVERSES LIQUEURS ALCOOLIQUES. — Alcool de vin de marc, de mélasse, de betterave, de grains, de pomme de terre, etc. — DE LA RECTIFICATION, théorie, appareils à rectifier. — DESCRIPTION D'UNE DISTILLERIE AGRICOLE. — II. LA VISITE A L'EXPOSITION. — Études des produits et des instruments exposés.

I. — PARTIE TECHNIQUE.

De l'alcool. — La Distillation a pour but la séparation de l'alcool des matières étrangères qui le souillent. Les Distilleries sont les établissements dans lesquels s'effectue ce travail, en même temps qu'on y procède aux opérations diverses de la fabrication des liquides alcooliques.

L'alcool est un liquide incolore, très-fluide, dont l'odeur rappelle celle de la pomme de rainette, et la saveur est brûlante. Sa formule chimique est $C^4 H^6 O^2$ sa densité 0,7955 à 15°, sa tension de vapeur de 44^{mm} à 20 degrés, sa chaleur spécifique à 20 degrés est 0,60. Il entre en ébullition à 78 degrés et absorbe par gramme 214 calories pour se réduire en vapeur. Il brûle avec une flamme jaunâtre. 1 équivalent d'alcool, ou 46 gram., dégage en brûlant 321,000 calories (Berthelot). L'alcool se mêle à l'eau en toutes proportions. On nomme *alcool absolu* l'alcool dénué de toute trace d'eau et dont la composition répond à la formule chimique. On n'obtient l'alcool à cet état qu'à la suite d'opérations de laboratoire délicates et non industrielles; dans le commerce, on ne le connaît qu'en mélange avec l'eau en proportions très-variables, sur lesquelles nous allons revenir. L'alcool absolu est très-avide d'eau qu'il emprunte à tous les corps avec lesquels il est en contact tel que l'air et les matières organiques, aussi est-il très-difficile de conserver l'alcool à un grand degré de pureté aqueuse. Lorsqu'on mélange de l'alcool et de l'eau, le liquide que l'on obtient après agitation occupe un volume moindre que la somme des deux volumes liquides primitifs.

Cette contraction est maxima lorsque le mélange est fait, dans les proportions de 52,3 volumes d'alcool et de 47,7 d'eau à 15 degrés, il en résulte 96,35 volumes de liquide au lieu de 100. Lorsqu'on agite les liquides pour les mélanger, on aper-

çoit une quantité considérable de petites bulles de gaz qui se dégagent de tous les points. Cela provient de ce que les gaz dissous séparément dans l'eau et dans l'alcool sont moins solubles dans leur mélange. Le tableau suivant donne le degré de contraction qu'éprouvent les mélanges d'eau et d'alcool absolu :

100 volumes du mélange à 15° cent.			
ALCOOL.	CONTRACTION.	ALCOOL.	CONTRACTION.
100	0,00	50	3,74
95	1,18	45	3,64
90	1,94	40	2,44
85	2,47	35	3,14
80	2,87	30	2,72
75	3,19	25	2,24
70	3,44	20	1,72
65	3,61	15	1,20
60	3,73	10	0,72
55	3,77	5	0,31

Lorsqu'on fait ces mélanges, il y a dégagement de chaleur, ce qui donne à penser qu'il y a combinaison entre l'alcool et l'eau. Le mélange de l'alcool et de la neige donne au contraire un abaissement de température, à cause du rapide changement d'état de l'eau causé par la combinaison 1 de neige et 2 d'alcool donnent un froid de — 21°.

Les mélanges d'eau et d'alcool ont des points d'ébullition différents, et la composition des vapeurs qu'ils dégagent diffère elle-même de celle des liquides d'où elles proviennent. Le tableau suivant donne quelques-unes des proportions correspondantes :

PROPORTION d'alcool par 100 volumes.	TEMPÉRATURES		PROPORTION d'alcool dans la vapeur condensée.	PROPORTION d'alcool par 100 volumes.	TEMPÉRATURES		PROPORTION d'alcool dans la valeur condensée.
	d'ébullition.	de la vapeur.			d'ébullition.	de la vapeur.	
0	»	100	0	35	85	»	»
1	»	98,8	13	40	84,1	83,8	82
2	»	97,3	28	45	84,4	»	»
3	»	96,3	36	50	83,1	82,5	85
5	96,3	95	42	55	82,2	»	»
7	»	93,8	50	60	81,9	81,3	87
10	92,9	92,5	55	65	81,5	»	»
12	»	91,3	61	70	80,9	80	89
15	»	90	66	75	80,3	»	»
18	91	88,8	68	80	79,7	79,4	90,5
20	89,1	87,5	71	85	79,4	»	»
25	87,5	»	»	90	79,0	78,8	92
30	86,2	85	78	95	70,4	»	»

L'alcool possède un pouvoir dissolvant remarquable sur un grand nombre de matières organiques, résines, corps gras, éthers, essences. Il ne dissout pas les sels métalliques, tels que sulfates, silicates, phosphates, etc. Il dissout, au contraire, les chlorures, les iodures, bromures et les nitrates, enfin la potasse et la soude et même la baryte.

Alcoométrie. — Un grand nombre de procédés ont été proposés pour reconnaître la quantité d'alcool que contient un liquide, reposant sur la densité des liquides, le point d'ébullition, la distillation, la tension de vapeur, la dilatabilité, l'action des tubes capillaires, etc. Les deux seuls qui aient résisté à l'usage sont l'aréomètre pour les mélanges d'alcool et d'eau, la distillation suivie de l'essai aréométrique pour les liquides de composition complexe.

En France, l'aréomètre usité est l'*alcoomètre centésimal* qui donne immédiatement en centièmes le volume d'alcool que renferme le mélange. Cet aréomètre plongé dans l'eau pure enfonce jusqu'à la naissance de la tige, point auquel on marque *o*, c'est-à-dire point auquel il flotte dans un liquide dénué d'alcool. Dans l'alcool absolu, dont la densité est moindre, il s'enfonce davantage. Le point où s'y arrête l'instrument est marqué 100, et l'on s'arrange de manière à ce que ce soit près du sommet de la tige; le liquide, en effet, contient 100 pour 100 d'alcool. Les points intermédiaires sont fixés directement en plongeant l'alcoomètre dans des mélanges de composition connus, vu que les contractions signalées plus haut déjouent les calculs, en sorte que les degrés de l'alcoomètre sont à des distances les uns des autres qui ne sont pas égales. L'alcoomètre centésimal est gradué à 15 degrés de température; la correction résultant de l'emploi de l'appareil à une température différente se calcule par la formule

$$x = C \mp 0{,}4\,t$$

en prenant le signe + quand t est au-dessous de 15 degrés et le signe — quand t est au dessus. Enfin les indications de l'alcoomètre expriment les volumes d'alcool dans 100 volumes de liquide; pour obtenir les poids, il faut multiplier le volume d'alcool par 0,7955 et diviser le produit par la densité du liquide sur lequel on opère.

Des tables, construites pour éviter les calculs, donnent toutes les corrections correspondantes aux températures variables, ainsi que les densités des liquides par degrés de l'alcoomètre, et les poids d'alcool correspondants.

Tous ces travaux ont été exécutés et vérifiés successivement par Gay-Lussac, l'auteur de la méthode, puis par Collardeau, Pouillet, etc.; mais chaque pays a ses instruments particuliers. En France même, on en a deux; car le commerce fait encore usage de l'alcoomètre de *Cartier* qui marque 10 dans l'eau et 44 dans l'alcool absolu à 12°,5 de température, ce qui peut faire parfois des confusions. Aussi des tables ont-elles été dressées encore pour établir la correspondance entre les deux instruments.

En Allemagne, Gilpin et Tralles sont les auteurs reconnus de leur aréométrie. Ils ont choisi pour température moyenne 60 degrés Fahrenheit, soit 15 degrés $\frac{5}{9}$ centésimaux Les tables dressées sur leurs données par Brix sont celles qui sont généralement en usage.

En Angleterre, on se sert de l'aréomètre de Syke donnant le volume auquel il faut porter 100 volumes de la liqueur sur laquelle on opère pour obtenir un alcool-type appelé *proof spirit*. Des tables ramènent à la composition de la liqueur que l'on pèse. La densité du proof spirit est de 0,918633 et contient 47,5 pour 100 en poids d'alcool absolu. Tous les alcools qui n'ont pas cette composition sont *over* ou *under proof* d'une quantité indiquée par l'instrument.

Tous les liquides alcooliques contenant en dissolution d'autres substances que l'alcool et l'eau doivent être soumis à la distillation pour en connaître la nature. A cet effet, on fait usage de petits alambics composés d'une petite cucurbite en métal ou en verre s'adaptant à un petit serpentin. Dans la cucurbite, on introduit un volume connu du liquide à essayer et on distille. On recueille le tiers ou la moitié du volume du liquide primitif, qui contient généralement

tout l'alcool de la matière que l'on essaie. Dans ce liquide distillé, on plonge un aréomètre et un thermomètre; le tiers ou la moitié du titre trouvé est celui du liquide essayé. Dans le cas où ce liquide contient plus de 15 pour 100 d'alcool, il est prudent d'ajouter dans la cucurbite avec le liquide un volume d'eau égal à celui-ci et de recueillir dans l'éprouvette le même volume de liquide distillé, dont le degré indique exactement celui de la liqueur essayée. Ces petits appareils ont reçu des formes variables sur lesquelles nous ne pouvons nous étendre ici.

Nous avons maintenant quelques observations à faire sur les propriétés chimiques de l'alcool.

La chaleur est sans action sur lui jusqu'à la température rouge à laquelle elle le décompose.

L'oxygène libre est sans effet également à froid; mais, dans des conditions spéciales, telles que la présence du platine ou de certains ferments particuliers, l'alcool s'oxyde en présence de l'oxygène en donnant naissance à de l'aldéhyde, qui se transforme lui-même rapidement en acide acétique ou vinaigre, suivant la double réaction :

$$C^4 H^6 O^2 + O^2 = C^4 H^4 O^2 + H^2 O^2 \text{ (Aldéhyde + eau).}$$
$$C^4 H^4 O^2 + O^2 = C^4 H^4 O^4 \text{ (Acide acétique).}$$

Indépendamment de ces deux actions, il s'en produit d'autres latéralement, consistant dans l'union de l'alcool avec les produits de son oxydation, d'où résulte la formation d'éthers (acétal et éther acétique) que l'on rencontre dans toutes les fermentations acétiques. Car les alcalis et les acides forment avec l'alcool des combinaisons; les secondes sont les éthers, sur lesquels nous aurons à revenir plus tard, mais qu'il ne faut pas confondre avec l'éther proprement dit ($C^4 H^5 O$) qui peut être considéré comme de l'alcool déshydraté.

DES MATIÈRES ALCOOLISABLES.

L'alcool n'existe pas tout formé dans la nature; il est le résultat de la transformation de certaines substances d'origine végétale sous l'influence de la fermentation. Dans les laboratoires, on est parvenu à le faire de toutes pièces, à en faire la synthèse, en se servant de matières minérales; mais l'expérience n'a pu être généralisée industriellement, nous ne nous en occuperons donc pas.

Les matières végétales alcoolisables ont toutes des compositions chimiques analogues. On les a nommées *hydrates de carbone* parce que leur formule peut se généraliser ainsi : $C^m (HO)^n$, c'est-à-dire qu'elles semblent représenter une série de combinaisons entre le carbone et l'eau. Mais tous les hydrates de carbone ne sont pas également faciles à transformer en alcool, car il faut avant tout qu'ils puissent se changer en *glucose*, le seul corps qui puisse entrer en fermentation directement. En effet, le glucose a pour formule $C^{12} H^{12} O^{12}$ ou $C^{12} (HO)^{12}$ et l'action du ferment alcoolique se traduit à peu près par la réaction :

$$\underbrace{C^{12} H^{12} O^{12}}_{\text{glucose}} = 2\,\underbrace{C^4 H^6 O^2}_{\text{alcool}} + 2\,\underbrace{C^2 O^4}_{\text{ac. carbonique}}$$

Nous allons donc étudier d'abord quelles sont les substances qui peuvent se transformer industriellement en glucose; puis, nous passerons en revue les phénomènes de la fermentation.

Glucoses. – Il existe plusieurs espèces de glucoses, qui ont tous la même formule chimique, $C^{12} H^{12} O^{12}$, et qui se nomment :

Glucose ordinaire, ou sucre de raisin, sucre de miel, sucre de diabète;
Levulose, ou glucose de fruits;
Sucre interverti, mélange de glucose et de levulose provenant de l'action des acides sur le sucre;
Glucose inactif, ou sucre neutre ou parasaccharose;
Galactose, ou glucose de lait.

Ces différents *glucoses* jouissent tous de la propriété de fermenter directement en présence de la levûre de bière, et de précipiter à l'état d'oxyde le cuivre contenu dans une solution alcaline d'un tartrate alcalin et de sulfate de ce métal. Leurs propriétés optiques ont été décrites dans l'article *Sucrerie,* ainsi que plusieurs de leurs propriétés chimiques.

Le plus intéressant de ces glucoses est le premier, le *glucose ordinaire,* dont la préparation en grand est une branche de l'industrie qui se rattache directement à l'agriculture, comme nous allons le voir, puisqu'il dérive de la fécule de pomme de terre.

Le *levulose* s'obtient de la même manière que le glucose en opérant sur l'inuline ou fécule de dahlia, de topinambour, etc. Il s'obtient aussi mélangé de son poids de glucose dans l'inversion du sucre de canne par les acides, ce qui lui fait jouer un grand rôle en distillerie, sous le nom de *sucre interverti.*

Le *glucose inactif,* ou sucre neutre, n'est autre que du sucre interverti dans des conditions spéciales, et telles que les pouvoirs rotatoires du glucose et du levulose qu'il contient se neutralisent. On le rencontre en abondance dans les mélasses de canne.

Le *galactose* provient de l'action des acides sur le sucre de lait. Il ne nous occupera pas dans cet article, mais c'est grâce à lui que le lait peut fermenter et donner la boisson des Tartares que l'on nomme *Koumis.*

Tels sont les différents glucoses. Nous ne les distinguerons pas dans la pratique industrielle de la distillation, puisqu'à ce point de vue leurs propriétés sont les mêmes; mais nous les appellerons sous le nom générique de *glucose,* se rapportant indistinctement à l'une quelconque des espèces précédentes.

Les substances suivantes se transforment en glucose avant de pouvoir fermenter.

Sucre. — Le sucre proprement dit a pour formule $C^{12}\,H^{11}\,O^{11}$; c'est celui que contiennent la canne et la betterave. On le rencontre aussi dans les carottes, les navets, les panais, etc., dans les potirons, melons, pastèques et autres fruits du même genre. Le sucre est donc extrêmement répandu dans la nature. Nous avons étudié dans l'article *Sucrerie* ses propriétés et son mode de dosage. Parmi les substances que l'on soumet à la fermentation pour fabriquer de l'alcool, la *mélasse* contient 50 pour 100 de sucre en moyenne. On rencontre trois espèces de mélasse : la mélasse de fabrique de sucre de canne, celle des raffineries, et enfin la mélasse des fabriques de sucre de betterave. Les dernières seules entrent entièrement dans les fabriques d'alcool, les autres à cause de leur bon goût trouvent acquéreur pour la consommation directe, ou bien, dans les colonies, pour la fabrication des liqueurs appelées rhum et tafia, fabrication qui se fait rarement en grand. Les mélasses de betterave sont, de plus, beaucoup plus chargées que les autres en matières salines.

Quand on veut faire fermenter le sucre, on doit l'intervertir, c'est-à-dire le transformer en glucose. La réaction s'écrit ainsi :

$$2\,C^{12}\,H^{11}\,O^{11} + 2\,HO = 2\,C^{12}\,H^{12}\,O^{12}$$

Mais l'un des deux équivalents de glucose est du glucose proprement dit et l'autre du levulose. Les modes d'inversion du sucre sont nombreux. Les subs-

tances minérales acides et la plupart des acides végétaux intervertissent le sucre à froid, mais beaucoup plus vite à chaud; l'ébullition seule d'une solution sucrée produit le même effet, et d'autant plus vite que la pression qu'elle supporte est plus élevée; les ferments eux-mêmes produisent l'inversion du sucre. En un mot, sitôt que le sucre est en solution, c'est-à-dire en présence de l'eau, mille causes concourent à son hydratation chimique, c'est-à-dire à son inversion, ce qui est très-redoutable en sucrerie et qui fait des matières sucrées une source d'alcool facilement exploitable.

Matières amylacées. — La matière amylacée est des plus répandues dans la nature végétale. Elle constitue la *fécule* des pommes de terre, l'*amidon* des céréales, ainsi que toutes les substances alimentaires connues sous le nom de tapioca, d'arrowroot, de sagou, de manioc, etc. Sa formule est $C^{12}H^{10}O^{10}$.

A côté de ces substances, nous mettrons l'*inuline* ou amidon de la chicorée, du pyrèthre, des bulbes de colchique, des tubercules de dahlia et du topinambour, la *lichénine* qui est contenue dans les cellules du lichen et de certaines mousses; et enfin nous ferons remarquer que les *gommes* telles que la gomme adragante, et les *mucilages* comme ceux que donnent la graine de lin, le coing, la guimauve, etc., pourraient être assimilés en distillerie aux matières amylacées; car, comme elles, sous l'action des acides, elles se transforment en glucose.

La matière amylacée est sécrétée par un grand nombre de plantes; on la rencontre à l'état de globules microscopiques à structure organique, de formes variables et nombreuses, mais particulières et constantes pour chaque espèce de plante. Leurs dimensions sont fort variables avec la provenance; voici en millièmes de millimètre le diamètre des grains de diverses plantes :

Grosses pommes de terre de Rohan.	185
Autres variétés de pommes de terre.	140
Sagou.	70
Grosses fèves.	75
Lentilles.	67
Haricots.	56
Gros pois.	50
Blé	50
Patates	45
Maïs.	30
Gros millet.	10
Graine de betterave.	4
Graine de chenopodium quinoa.	2

Cette nomenclature a une importance au point de vue analytique par le microscope, car elle permet de reconnaître un mélange de diverses fécules d'après leur grosseur et leur forme; c'est ainsi, par exemple, que l'on ne pourra jamais confondre la fécule de pomme de terre qui est ovoïde et à surface rugueuse à plans imbriqués comme une coquille d'huître, avec l'amidon de blé qui est trois fois plus petit, en grains lisses et irrégulièrement sphériques, et celui du maïs qui est beaucoup plus petit encore et présente une forme hexagonale assez régulière. Un autre phénomène microscopique que l'on met souvent à contribution dans la recherche des fécules est celui que présente un rayon de *lumière polarisée* traversant le champ du microscope. En effet, dans un grand nombre de grains amylacés, la lumière polarisée fait apparaître une croix noire qui tourne autour d'un centre lorsque l'on fait tourner l'analyseur. Dans les grains de fécule, ce centre est près de l'extrémité la plus mince, et la croix, par conséquent, est très-irrégulière; dans les grains d'amidon, ce centre se

confond avec le centre de figure. Quelques fécules, comme celle du riz, ne présentent pas le phénomène de la croix, ce qui peut encore aider à les reconnaître.

Lorsque l'on mouille la fécule avec de l'eau, elle se gonfle tellement qu'au bout d'un certain temps elle se crève, et laisse alors apparaître sa constitution sous le microscope. Elle est formée en effet d'une série d'enveloppes successives de plus en plus denses, entourant une cavité centrale appelée *hile*, et qui se trouve dans l'amidon vers l'extrémité la plus allongée du grain, là où le phénomène de polarisation fait apparaître le centre de la croix. L'amidon se gonfle ainsi surtout dans l'eau chaude, jusqu'à occuper vingt à trente fois son volume primitif. Alors, si la quantité d'eau est faible, les grains deviennent tellement rapprochés qu'ils constituent une espèce de gelée semi-transparente que l'on a nommée *empois*. On arrive facilement à faire cet empois en chauffant vers 80 degrés de l'eau contenant 5 pour 100 en poids d'amidon. L'amidon est insoluble dans l'eau; cependant on parvient par l'ébullition à faire une eau amidonnée contenant en suspension une quantité de matière amylacée très-faible, et traversant les filtres de papier.

La propriété chimique principale de la matière amylacée, propriété mise constamment en pratique pour constater sa présence, est de se colorer en bleu très-foncé au contact de l'iode, même en petite quantité. Cette coloration disparaît en élevant la température, et, si l'on ne dépasse pas 90 degrés, la couleur reparaît après refroidissement. Si l'on fait l'expérience sur un liquide contenant peu d'amidon, la couleur, qui est presque aussi intense, peut être précipitée au moyen de quelques gouttes d'une solution saline contenant du sulfate de soude ou du chlorure de calcium, à l'état de flocons bleu foncé qu'on peut recueillir sur un filtre, que l'on nomme *iodure d'amidon*, et qui n'est que de l'amidon teint par l'iode.

L'ébullition prolongée de la matière amylacée avec un acide la transforme en glucose. Mais cette transformation suit différentes phases utiles à connaître pour s'assurer si la saccharification est complète. En effet, le premier effet des agents extérieurs sur l'amidon est de le transformer en une matière ayant toutes les propriétés de l'amidon et de plus d'être soluble dans l'eau. C'est ce que l'on nomme l'*amidon soluble*, qui se colore en bleu intense au contact de la teinture d'iode. La seconde phase est la transformation de l'amidon en *dextrine*, sur laquelle nous reviendrons plus loin, qui est très-soluble dans l'eau et qui se colore en pourpre par la teinture d'iode, ce qui la distingue de l'amidon soluble et permet de voir à quel degré en est une saccharification d'après la couleur que l'iode lui communique. La dextrine a la même constitution élémentaire que l'amidon, $C^{12}H^{10}O^{10}$. Enfin, en troisième lieu, la dextrine bouillant avec les acides se transforme en glucose.

La transformation de la matière amylacée en dextrine et en glucose peut s'opérer aussi au moyen de la *diastase*, matière azotée que renferment les germes des céréales. La diastase se prépare spécialement avec l'orge, comme nous le verrons plus loin.

Lorsque l'on chauffe la matière amylacée entre 65 et 75 degrés avec beaucoup d'eau et une infusion d'orge germée, on trouve dans la liqueur en même même temps de la dextrine et du glucose, qui restent dans le rapport constant de 2 de dextrine et 1 de glucose, tant qu'il reste de la matière amylacée non altérée, suivant la formule :

$$3\,\underbrace{(C^{10}H^{10}O^{10})}_{\text{amidon}} + H^2O^2 = 2\,\underbrace{C^{12}H^{10}O^{10}}_{\text{dextrine}} + \underbrace{C^{12}H^{12}O^{12}}_{\text{glucose}}$$

La dextrine ne disparaît à son tour qu'après la transformation complète de l'amidon.

Dextrine. — Nous ne citerons la dextrine comme matière alcoolisable que parce qu'elle forme un des produits constants de la saccharification de la matière amylacée. Le nom de dextrine lui vient de la propriété que possède cette substance de dévier très-fortement à droite les rayons de lumière polarisée. On la prépare en mouillant 1,000 kilog. de fécule avec 300 kilog. d'eau additionnée de 2 kilog. d'acide nitrique marquant 36 ou 40 degrés. On laisse sécher la pâte à l'air, on l'écrase ensuite, on la dépose en couches minces dans une étuve pendant une heure et plus à la température de 110 à 120 degrés. Au bout de ce temps, tout l'acide a disparu et la fécule est transformée en dextrine.

La dextrine est très-soluble dans l'eau, hygrométrique, ressemblant à la gomme dont elle ne se distingue que parce que la solution de sous-acétate de plomb ne la précipite pas.

Les acides et la diastase la transforment en glucose.

La dextrine a pour formule $C^{12}\ H^{10}\ O^{10}$ comme l'amidon. Les autres matières saccharifiables par les acides, l'*inuline*, la *lichénine*, la *tunicine*, etc., ont la même composition. Nous ne nous y arrêterons pas.

Cellulose. — Enfin, parmi les matières saccharifiables, la cellulose ($C^{12}\ H^{10}\ O^{10}$) est la substance qui abonde par excellence dans le règne végétal, puisqu'elle constitue les tissus cellulaires, plus ou moins mélangée de substances diverses incrustantes, suivant l'âge de la plante sur laquelle on la recueille. Le vieux linge, la moelle de sureau, le coton, sont presque de la cellulose pure.

Les réactifs étendus d'eau sont sans action sur la cellulose, mais les acides et les alcalis concentrés agissent sur elle avec énergie. Lorsqu'on arrose la cellulose avec l'acide sulfurique concentré, que l'on broie le tout rapidement, on obtient une masse visqueuse insoluble dans l'eau, et colorable en bleu par l'iode comme l'amidon. Si le contact est au contraire plus prolongé, la cellulose se trouve transformée complètement en matière analogue à la dextrine. Enfin, en additionnant d'eau cette masse et la faisant bouillir quelque temps, on ne trouve plus dans la liqueur que du glucose. Ainsi la saccharification de la cellulose ne s'opère qu'en présence de l'acide sulfurique concentré. Aussi cette opération est-elle d'un prix de revient élevé, quelque perfectionnement que l'on ait mis dans la fabrication. De plus, la cellulose, quelque abondante qu'elle soit dans la nature, est plus difficile à obtenir que le sucre, par exemple, sur une surface de terrain donné; car, parviendrait-on à saccharifier économiquement le bois, il n'en est pas moins vrai que les champs fourniront en une année plus facilement la betterave en poids considérable qu'une coupe de bois rémunératrice. Aussi la saccharification de la cellulose n'a-t-elle jamais pu donner de résultat vraiment pratique.

Lorsque l'on trempe la cellulose, le papier par exemple, dans l'acide sulfurique étendu de la moitié de son volume d'eau, qu'on le lave bien et le dessèche, le papier prend une consistance particulière, et constitue le *papier parchemin*.

La propriété caractéristique de la cellulose est sa solubilité dans l'ammoniure de cuivre, réactif obtenu en dissolvant le cuivre dans l'ammoniaque au contact de l'air, et connu sous le nom de liqueur de *Schweizer*.

Enfin l'action de l'acide nitrique monohydraté sur la cellulose donne un produit explosif bien connu, le *fulmicoton* ou *pyroxyline*, qui est une cellulose nitrée

$$C^{12}\ H^{8}\ (AZO^{4})^{2}\ O^{10} + C^{12}\ H^{7}\ (AZO^{4})^{3}\ O^{10}$$

La pyroxyline est soluble dans un mélange d'alcool et d'éther, solution qui constitue le *collodion*.

Nous ne parlerons pas plus longtemps de cette substance très-intéressante, la

cellulose, qui forme, à proprement parler, la carcasse de tous les végétaux et de leurs dérivés, et qui, dans l'action de l'alcoolisation, jouera un rôle presque inactif, malgré sa faculté de saccharification.

FERMENTATIONS.

Le glucose, sous l'influence de la levûre de bière, se transforme en alcool. Dans une fermentation mal conduite, il y a production d'acides lactique et butyrique, quelquefois même les jus sucrés se prennent en masse muqueuse; enfin, à la suite d'une fermentation alcoolique, le moût s'aigrit quelquefois, se transformant en vinaigre. Tous ces phénomènes constituent des *fermentations*.

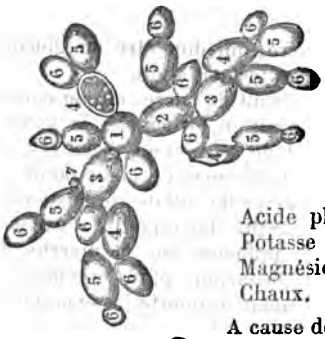
On distingue quatre espèces principales de fermentation du glucose : les fermentations alcoolique, lactique, butyrique et muqueuse; enfin un liquide alcoolique peut éprouver la fermentation acétique. Il y a bien d'autres fermentations secondaires; toutes les maladies des vins, par exemple, en font foi, mais celles-là seules nous occuperont.

Qu'est-ce qu'une fermentation? Liebig pensait que la levûre de bière, qui produit dans un moût sucré la fermentation, est une agglomération de corps dont la décomposition et le mouvement communiquent cet état à d'autres molécules qui se trouvaient au repos et qui se meuvent à leur tour. C'est ce mouvement qui constituerait la fermentation. Mais vint M. Pasteur, qui démontra que, au contraire, les ferments ne sont actifs qu'autant qu'ils vivent, et c'est par leur croissance, leur développement et leur activité qu'ils provoquent les actions chimiques appelées fermentation. Non-seulement les ferments vivent, mais ils ont besoin d'aliments minéraux pour ne pas mourir; c'est ainsi que M. Pasteur, semant quelques globules de levûre dans de l'eau sucrée pure, n'obtenait aucun résultat de fermentation, qui n'apparaissaient que lorsque dans le liquide il avait introduit un sel ammoniacal et un phosphate soluble, sels qui constituent spécialement les cendres de levûre. C'est ainsi que parfois, lorsqu'une fermentation languit, on peut la relever en additionnant le moût des sels précités. Les matières albuminoïdes sont nécessaires aussi à la fermentation; mais le ferment en contient lui-même, en sorte que, lorsque le moût n'en est pas suffisamment pourvu, ce ferment se nourrit de sa propre substance, et que la levûre abandonne pendant sa croissance une certaine quantité de matière inerte qui tombe au fond des cuves et n'est que la levûre usée, dépouillée en partie de sa matière azotée. Or, l'atmosphère contient en suspension des quantités innombrables de poussières qui ne frappent notre vue que lorsqu'un rayon de soleil les fait apparaître à nos yeux. Ces poussières de toutes natures contiennent à notre insu tous les ferments que les coups de vent enlèvent et dispersent fort loin de leur point d'origine. C'est ainsi que les moûts sucrés en contact avec l'air fermentent naturellement, tandis qu'aucun mouvement ne se déclare si le liquide ne se trouve en contact qu'avec de l'air ayant traversé, par exemple, un tube de platine porté au rouge, où tout ferment s'est ainsi brûlé.

Ces généralités posées, passons en revue les différentes fermentations.

Fermentation alcoolique. — Lorsque l'on porte sur l'objectif du microscope une goutte d'un liquide sucré en fermentation alcoolique, on aperçoit au sein de ce liquide une quantité considérable de petits corpuscules d'un centième de millimètre de diamètre, sensiblement ronds, isolés ou groupés en grappes ou chapelets. Si l'on considère un de ces corpuscules isolés, soit *a* dans notre figure 1, on aperçoit bientôt sur un point quelconque de sa périphérie se former

une petite protubérance (*c*, 3) qui grossit à la longue, en sorte que le globule se trouve bientôt formé de deux autres globules (*b*, 1, 2). Ces globules se dédoublent eux-mêmes, comme en *c* et *d*, formant un chapelet sur lequel se greffent de nouveaux globules (*e*) de manière à faire finalement une grappe *f* plus ou moins volumineuse. Ces globules constituent le *ferment* ou *levûre*, et c'est ce développement des globules qui produit la *fermentation*, c'est-à-dire la transformation du glucose en alcool et acide carbonique. Si l'on coupe un grain de levûre en deux comme (*f*, 4) on le voit constitué par une enveloppe contenant un liquide dans lequel nagent des corpuscules blancs. L'enveloppe est de la cellulose, et le liquide contient des matières azotées, des phosphates, des sels ammoniacaux et potassiques. La composition de ses cendres est la suivante :



Acide phosphorique	53	à	59
Potasse	39,5	—	28
Magnésie	6	—	8
Chaux	1	—	4

A cause de la présence des matières azotées, la levûre abandonnée à l'air entre bientôt en décomposition putride. Maintenue quelque temps à 100 degrés, la levûre perd sa propriété de provoquer la fermentation : cette température élevée la tue, comme tous les ferments d'ailleurs. Les acides minéraux, les alcalis caustiques en trop grande abondance arrêtent la fermentation sans tuer pour cela le ferment, qui reprend son activité après neutralisation. Les acides organiques ne produisent pas cet effet. Certaines matières empyreumatiques, la créosote, l'acide prussique, les huiles essentielles, et même l'alcool concentré, arrêtent les fermentations; il en est de même des sels métalliques, bichlorure de mercure, etc. En effet, la levûre de bière est un végétal auquel on a donné le nom de *Mycoderma cerevisiæ*, et toute substance capable de suspendre la vie végétale tuera aussi le mycoderme.

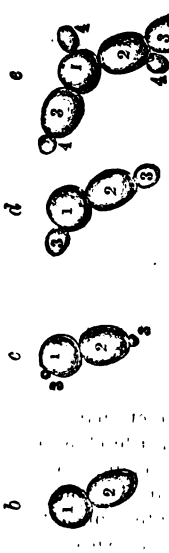


Fig. 1.
Levûre de bière.

La fermentation, avons-nous dit, engendre de l'alcool et de l'acide carbonique; mais ce ne sont pas les seuls éléments qui prennent naissance, car dans toutes les cuves on rencontre en outre de la glycérine et de l'acide succinique, même lorsqu'elles ne sont formées que de sucre et d'eau. Voici, selon M. Pasteur, dans quelles proportions se trouvent tous ces éléments :

100 parties en poids de sucre produisent :

Acide carbonique	46,67
Alcool pur	48,46
Glycérine	3,23
Acide succinique	0,61
Matières cédées au ferment	1,03
	100,00

En sorte que 100 kilog. donneront environ 61 litres d'alcool pur.

Mais les fermentations s'opèrent dans des liquides de composition très-complexe. On y trouve outre le glucose beaucoup de substances extractives qui

jouent un rôle dans la fermentation et qui donnent naissance à de l'alcool amylique, des huiles essentielles, etc. De plus, d'autres ferments peuvent prendre naissance au commencement ou à la fin de l'opération et donner naissance à des acides lactique et butyrique, en sorte qu'un moût fermenté est un liquide de composition très-complexe. Il est à remarquer que jamais deux fermentations ne sont en pleine activité ensemble, en sorte que, lorsque la fermentation alcoolique prend le dessus, elle étouffe les autres ferments.

Dans une fermentation, il entre cinq éléments essentiels : le *sucre*, l'*eau*, la *chaleur*, le *ferment* et l'*air*.

Nous venons de voir ce qui a rapport au sucre, qui doit être du glucose, puisque seul il est capable d'entrer directement en fermentation.

L'eau joue un rôle important en tant que dissolvant du sucre, et non comme agent chimique, puisqu'elle n'entre pas dans la réaction principale, la fermentation du glucose étant un simple dédoublement de celui-ci en alcool et acide carbonique. Mais, à l'état de dissolvant, l'eau nous occupera à deux points de vue, comme qualité, — car elle ne doit pas contenir de sulfates incrustants et de sels entravant la distillation, — et comme quantité. La quantité d'eau employée pour dissoudre la glucose a une grande influence sur la marche des opérations. Les liquides concentrés fermentent beaucoup plus lentement et moins complétement que les liquides étendus. Duplais rapporte les expériences suivantes sur ce sujet.

Cinq cuves de 15 hectol. furent chargées à la température de 20 degrés de 300 kilog. de mélasse (215 litres à 42 degrés) et additionnées d'eau en proportion différente. Elles ont fermenté dans les conditions suivantes :

N°s des cuves.	LIQUIDE CONTENU.	DURÉE de l'expérience.	ALCOOL PRODUIT.	PROPORT. pour 100.
			lit.	
1	600 lit. à 15° du pèse-sirop.	8	78,75	26,25
2	700 12°	5	83,55	27,85
3	1000 9°	3	90,45	30,15
4	1500 6°	2	93,15	34,05
5	2250 4°	1	93,90	31,30

Ainsi, un liquide qui pèse 4 degrés, fermente huit fois plus vite et abandonne beaucoup plus d'alcool qu'un sirop pesant 15 degrés. Si donc on a le choix entre une densité du moût ou bien une autre, on devra préférer la plus basse. Mais là n'est pas toujours la chose facile; car en Allemagne, par exemple, où l'on impose les distilleries d'après la teneur des vases à fermenter, on a tout intérêt, dût-on perdre un peu d'alcool, à faire usage de jus dense, vu que les cuves peuvent ainsi fournir plus d'alcool à la fois. C'est donc un cas particulier nuisible aux intérêts de tous, mais qui est local, heureusement. Nous devrons donc, pour faire un bon travail, employer des liquides étendus, marquant de 5 à 7 degrés Baumé, parfois moins, selon les matières que l'on distille.

La chaleur est de première importance dans la fermentation, car la vie du mycoderme ne se déclare qu'à une température assez élevée au-dessus de zéro. Les liquides, pour obtenir une bonne fermentation alcoolique, doivent être maintenus entre 12 et 30 degrés. Plus la température est élevée, plus active est la fermentation; cependant on ne doit pas dépasser 30 degrés, car au-dessus les fermentations acides se déclarent rapidement, au détriment de l'alcool. La fer-

mentation, comme toute réaction chimique, dégage de la chaleur; il faudra donc surveiller les cuves sous ce rapport, pour que la température ne s'élève pas au-delà de la limite voulue, ce que l'on obtient par divers procédés. Dans les petites cuves, il suffit de soulever de temps en temps le couvercle pour laisser agir l'air sur les couches supérieures qu'il rafraîchit. Dans les grandes cuves, on dispose des serpentins dans lesquels peuvent circuler l'eau froide ou la vapeur, selon les besoins. D'ailleurs, on maintiendra la température à des degrés différents suivant les dimensions des vaisseaux dont on fait usage, car, dans les grandes masses de liquide, la chaleur se perd moins que dans les petites. Dès lors, on doit maintenir la chaleur :

Pour une cuve de	10	hectolitres,	de 25 à 30	degrés.
—	20	—	20 à 25	—
—	40	—	18 à 20	—
—	60	—	15 à 18	—
—	100 et au-dessus		12 à 15	—

D'ailleurs, ces données varieront avec la disposition des ateliers, leur température moyenne, la saison dans laquelle on opère, en un mot avec les chances de refroidissement.

Le ferment s'obtient de différentes manières dans les cuves. Ainsi, dans les pays chauds, tout jus sucré abandonné à lui-même fermente naturellement. Dans les pays froids ou tempérés, il est nécessaire d'ajouter aux moûts une certaine quantité de ferment pour provoquer le *départ* de la fermentation. On arrive à ce résultat soit en ajoutant à un liquide sucré une certaine quantité de mycodermes recueillis sur une autre cuve, lesquels mycodermes se développeront aux dépens du nouveau moût dans lesquels ils vont se trouver, soit en versant les moûts sucrés sur une certaine quantité de liquide en pleine fermentation, appelé *pied de cuve*. C'est à la fabrication de la bière que l'on emprunte, sous le nom de *levûre de bière*, le meilleur ferment alcoolique. En effet, sur les moûts houblonnés nage une épaisse écume grisâtre que l'on recueille. A cet état la levûre est très-active, mais elle se conserve mal et l'on doit l'employer de suite; sinon on la passe dans un sac en toile, on la presse graduellement pour en faire sortir le liquide, et l'on obtient ainsi une masse solide, facile à rompre, composée uniquement de globules du mycoderme. Cette levûre sèche se conserve assez facilement, huit jours en été, un mois en hiver, dans des caves, à 8 ou 10 degrés de température. Sans mélange, elle possède une odeur franche, particulière, aromatique, sans arrière-goût; elle est légèrement acide, se délaie difficilement dans l'eau. L'absence d'humidité est le meilleur moyen de la conserver, mais la dessiccation n'en est pas facile; le meilleur moyen de conserver ses propriétés est de la mélanger avec de la fécule ou du noir en poudre qui en absorbent l'humidité, avec du sucre ou même du sirop très-concentré ou de la mélasse; en sorte que, lorsqu'on achète la levûre, il est très-essentiel de rechercher au microscope si elle est pure ou mélangée, car on ne peut pas appeler falsification les seuls procédés possibles de conservation.

Lorsque l'on ne peut se procurer de levûre de bière, on se sert de levûre *artificielle*, qui n'est autre que du ferment recueilli sur les bacs à fermentation de l'usine. Cette levûre est d'ailleurs identique à la précédente; son odeur seule diffère, à cause de l'absence du houblon. Elle est parfois très-abondante en variant le mode de fermentation en vue de l'obtention de cette matière qui est de première nécessité dans les distilleries; il y a même des usines qui fabriquent spécialement cette levûre et chez lesquelles l'alcoolisation n'est qu'une action secondaire. En Allemagne, on fabrique ce que l'on appelle des *levains*

pour porter la fermentation dans les cuves, c'est-à-dire que l'on provoque la fermentation à part dans une petite portion de la matière qui remplit la cuve, fermentation très-active, produisant beaucoup de levûre, et l'on jette cette cuvette de levain dans le moût pour lequel elle a été préparée. Cette opération se fait dans un local spécial sur un grand nombre de cuvettes à la fois, car elle dure environ trois jours, et chaque jour il doit y avoir autant de levains terminés que de cuves remplies.

Pour s'assurer de la valeur d'une levûre, on doit en faire l'essai préalable sur une petite quantité d'eau sucrée. Si la fermentation commence rapidement, si elle est vive, qu'elle présente une bonne odeur, la levûre est bonne. Si, au contraire, elle se déclare lentement, répandant l'odeur lactique et butyrique, il faut rejeter ce ferment qui serait nuisible au travail dans lequel on l'introduirait.

La quantité de levûre à ajouter à un moût est variable avec les conditions du travail. Ainsi, pour les moûts de concentration moyenne, on emploie 1 à 2 kilog. de levûre pressée; en Allemagne, on en emploie davantage à cause de la concentration des liquides. Veut-on activer la fermentation, on mettra beaucoup plus de levûre. Bref, il n'y a pas de règle bien certaine à cet égard. Nous indiquerons plus tard les quantités de levûre employées pour tous les cas.

L'air, enfin, ne joue, pendant la fermentation alcoolique, aucun rôle. Cependant il est indispensable au départ, mais nuisible dans le courant du travail. A la fin surtout, il faut éviter l'action de l'oxygène qui oxyderait les couches supérieures, provoquant ainsi les fermentations acides.

Nous avons vu jusqu'ici comment on saccharifie les substances alcoolisables, les qualités que doivent remplir les moûts pour fermenter, celles du ferment que l'on emploie pour provoquer l'alcoolisation; voyons maintenant comment se passe la fermentation.

Lorsque le moût sucré est arrivé à la température convenable, lorsque le ferment, délayé au préalable dans un peu du même liquide, a été projeté et brassé dans la cuve, on abandonne cette cuve à elle-même. Au bout de trois heures environ, quelques bulles de gaz apparaissent à la surface du moût, surtout à la périphérie : c'est la fermentation qui commence. En effet, bientôt les bulles deviennent plus nombreuses, la masse entre en ébullition sous l'influence du dégagement tumultueux de l'acide carbonique, le liquide s'échauffe, un chapeau d'écume en recouvre la surface. Il faut avoir soin alors de tenir la cuve fermée, sinon cette mousse très-oxydable aigrirait vite et pourrait porter dans le moût le germe d'une fermentation acide; lorsque la cuve est couverte, au contraire, la surface se trouve dans une atmosphère d'acide carbonique dont l'excès s'échappe par des trous et cheminées pratiqués sur le couvercle, entraînant avec lui les traces d'air qui pourraient séjourner. Il faut avoir soin aussi de surveiller la température pour qu'elle ne monte pas trop et que la fermentation ne devienne pas trop tumultueuse, au point de déborder. Au bout de vingt-quatre heures, l'ébullition s'apaise, la température s'abaisse naturellement; l'oreille placée contre le vase ne perçoit plus qu'un bruit sourd et imperceptible, au lieu du fracas que faisaient entendre les grosses bulles de gaz. Enfin, tout bruit cesse, la température redevient égale à celle de l'atmosphère ambiante, des bulles de gaz n'apparaissent plus à la surface du moût lorsqu'on en écarte les mousses, et même le liquide commence sa décantation naturelle et s'éclaircit par la chute au fond de la cuve des corpuscules pesants; la fermentation est terminée, et le liquide répand une odeur alcoolique très-caractéristique. C'est environ quarante-huit heures après le commencement de l'opération qu'elle est tout à fait terminée, dans l'état que nous la décrivons; mais ce laps de temps est fort variable, et l'on ne peut rien préciser à ce sujet.

Cependant il arrive parfois que la fermentation paraisse terminée, sans que pour cela tout le sucre soit transformé en alcool, par un accident quelconque dans la température ou la composition du liquide. Aussi ces règles extérieures ne sont-elles pas absolues. On arrive à se former une idée de l'état d'avancement de la fermentation par divers moyens : soit en calculant par un travail de laboratoire la quantité exacte d'alcool qu'un moût peut procurer, et s'assurant par une petite distillation du point auquel se trouve l'opération ; soit en se servant du densimètre, qui, donnant avant la fermentation une densité plus grande que 1, fournira après la fermentation une indication au-dessous de 1, puisque le sucre sera transformé en alcool plus léger que l'eau, indication que l'on pourra calculer au préalable d'après la densité du moût et sa teneur en glucose. Les Allemands ont même fait des tables indiquant immédiatement les rendements des liquides sucrés d'après ces données. Si ces différents moyens conduisent à prouver que la fermentation n'est pas complète, il faudra s'en assurer par les moyens chimiques, et, s'il est nécessaire, doubler la dose de levûre pour terminer la fermentation commencée, mais entravée par un motif qu'il importera de rechercher. Ce n'est qu'avec tous ces soins qu'on arrivera à se rendre un compte exact de sa fabrication.

Fermentations lactique et butyrique. — Lorsque dans une fermentation on laisse les mousses au contact de l'air, elles aigrissent en répandant une odeur qui rappelle celle des fromages avancés et du beurre rance. C'est qu'en effet sous l'influence de la chaleur se développent dans cette masse spongieuse, albuminoïde et neutre de tout acide, un ferment particulier, dont les globules sont beaucoup plus petits que ceux de la levûre de bière et qui constituent le ferment *lactique*. Sous son influence, la glucose se transforme en acide lactique ($C^6 H^6 O^6$) par simple dédoublement :

$$C^{12} H^{12} O^{12} = 2\ C^6 H^6 O^6$$

Cette fermentation est très-active et décompose rapidement une grande quantité de glucose. Mais la neutralité de la liqueur étant essentielle à ce développement, il s'arrête bientôt, car l'acide lactique qu'il forme acidifie le milieu où s'opère la transformation et annule l'action du mycoderme. Mais alors un autre ferment agit sur cet acide lactique et le transforme en acide butyrique ($C^8 H^8 O^4$) ; c'est cet acide qui répand l'odeur de beurre rance. La réaction se passe ainsi :

$$\underbrace{2\ C^6 H^6 O^6}_{\text{ac. lactique}} = \underbrace{C^8 H^8 O^4}_{\text{ac. butyrique}} + 2\ C^2 O^4 + 2\ H^2$$

Il se dégage de l'acide carbonique et de l'hydrogène. Ce dernier a une action très-vive sur la glucose qu'il transforme en mannite ($C^{12} H^{14} O^{12}$), en sorte que la décomposition lactique est cause elle-même d'une nouvelle destruction de sucre. La fermentation butyrique est due à de petits animalcules ou *infusoires* de $0^{mm},0,002$ à $0^{mm},02$ de longueur qui vivent parfaitement dans un milieu dénué d'air et que l'oxygène fait mourir.

On voit donc quelle nécessité il y a de préserver les moûts en fermentation de toutes les conditions qui peuvent contribuer à faire aigrir les moûts. Maintenir ceux-ci à une température moyenne, ne dépassant jamais 30 degrés, plutôt acides que neutres et surtout qu'alcalins, ne pas découvrir les cuves avant la fin de la fermentation, etc. Enfin, mais rarement, on rencontre la fermentation *muqueuse* des moûts, surtout du jus de betterave, contenant beaucoup de matières azotées. Cette fermentation produit de la mannite, une gomme particulière et de l'acide carbonique.

$$\underbrace{25\ C^{12} H^{12} O^{12}}_{\text{glucose}} = \underbrace{12\ C^{12} H^{14} O^{12}}_{\text{mannite}} + \underbrace{12\ C^{12} H^{10} O^{10}}_{\text{gomme}} + 6\ C^2 O^4 + 6\ H^2 O^2$$

Elle est caractérisée par ce fait que le moût devient visqueux et gluant, quelquefois pris en masse gélatineuse. On évite cette fermentation par un travail rapide.

Telles sont les altérations que peut subir le glucose pendant la fermentation. Nous allons nous occuper actuellement des appareils que l'on emploie pour séparer l'alcool d'un moût fermenté, et de la théorie de la distillation.

DISTILLATION.

Pour séparer l'alcool de l'eau qui le dissout dans les moûts, on se base sur la différence des points d'ébullition, des chaleurs spécifiques et des chaleurs latentes des deux liquides. En effet, si l'on chauffe un mélange d'eau et d'alcool, la chaleur fournie par le foyer agira sur les deux corps pour les amener à leur point d'ébullition respectif, puis les vaporiser. Or, l'eau réclame, pour passer par exemple de 0 à 100°, point d'ébullition, 100 calories, et pour se vaporiser 537 calories, total 637 calories. L'alcool qui bout à 78 degrés et dont la chaleur spécifique est 0,6 ne demandera pour entrer en ébullition que 47 calories en nombre rond, et pour se vaporiser 214 calories, total 261 calories, soit environ deux fois et demie moins de chaleur que l'eau. De là résulte que la vapeur qui se dégagera d'un liquide composé d'eau et d'alcool mélangés en certaine proportion n'aura pas du tout la même composition que le liquide; car l'alcool, entrant en ébullition bien avant l'eau, se dégagera le premier en vapeur, en sorte que la vapeur du liquide en question sera plus riche en alcool que lui-même. Nous avons donné dès les premières pages de ce travail un tableau indiquant les compositions des vapeurs alcooliques provenant de liquides de composition différente, ainsi que le point d'ébullition de ces liquides. On y voit combien la distillation simple d'un liquide alcoolique est capable d'enrichir le degré de ce liquide, et d'autant plus que la proportion d'alcool est plus faible dans le liquide primitif. On conçoit aussi que les distillations successives d'un liquide alcoolique donneraient comme résultat final un alcool très-fort. Prenons un exemple. Soit à distiller un liquide contenant 7 °/₀ d'alcool. Sa vapeur condensée fournira un liquide contenant 50 °/₀ d'alcool. Ce nouveau liquide distillé donnera comme résultat de l'alcool à 85°, lequel distillé de nouveau donnera l'alcool à 91°,25. Ainsi trois distillations successives auraient remonté de 7 à 91° l'alcool primitif. Il est vrai que dans la pratique on n'aurait pas un résultat aussi parfait, vu que pour y arriver il faudrait perdre beaucoup d'alcool dans les vinasses; mais nous ne posons ici que le point théorique.

La distillation peut se faire dans l'alambic ordinaire (pl. I, fig. 1), qui se compose d'une chaudière A surmontée d'un dôme ou chapiteau B, duquel s'échappe un tuyau soit latéralement, soit à la partie supérieure, venant rejoindre un serpentin C qui plonge dans une auge ou réfrigérant, où circule un courant d'eau froide. Dans ce cas, vapeurs d'eau et d'alcool se condensent ensemble. Mais si, au lieu de remplir le réfrigérant d'eau froide, on y maintient la température à 80° par exemple, une grande partie de l'eau se condensera, mais l'alcool qui bout à 78° continuera son chemin à l'état de vapeur. Si donc on recueille à part cette eau condensée, et fait circuler la vapeur alcoolique dans un nouveau serpentin refroidi au dessous de 78°, on recueillera ainsi en une seule fois par cette *analyse* de l'alcool beaucoup plus concentré que par la distillation simple.

On peut aussi imaginer une autre disposition. En supposant qu'une vapeur peu chargée d'alcool rencontre sur son passage un liquide alcoolique à une tem-

pérature plus basse qu'elle et en petite quantité, cette vapeur se condensera en partie, et l'eau la première, de telle sorte que la vapeur qui passera outre sera plus alcoolique; mais l'eau, en se condensant, vaporisera une certaine quantité de l'alcool que contient le liquide interposé, en sorte que cet alcool se joignant au précédent enrichira la vapeur qui ne s'était pas condensée. Il y a donc ici deux résultats produits : on enrichit la vapeur alcoolique d'abord par analyse, c'est-à-dire par condensation d'une certaine quantité de l'eau qui entrait dans sa constitution, et ensuite par l'adjonction d'une nouvelle portion d'alcool provenant du liquide condenseur. On dit alors que cette seconde quantité d'alcool est *déflegmatisée* (séparée des flegmes). On voit donc ici un résultat énorme obtenu, d'abord au point de vue de la qualité du produit qui est de suite un alcool fort, et ensuite de celui de l'économie, puisque la condensation de l'eau est utilisée à la vaporisation de l'alcool sans employer de combustible.

C'est sur ces principes découverts et employés l'un après l'autre qu'est basée la construction de tous les appareils distillatoires.

Appareils distillatoires. — Les appareils distillatoires des alchimistes, composés uniquement d'une chaudière ou cucurbite et d'un chapiteau muni d'un long tube de dégagement pour les vapeurs, sans serpentin qui ne fut découvert que plus tard, forçaient à distiller très-lentement et goutte à goutte. C'était le chapiteau, alors très-élevé, qui servait de condenseur, et les gouttelettes liquides qui s'attachaient et coulaient à l'intérieur de ses parois se réunissaient dans une gouttière formée par une dépression inférieure de ce chapiteau, et de là s'en allaient par le tube abducteur. Plus tard on inventa le serpentin refroidi par l'air, puis par l'eau. Ce n'est qu'en 1801 qu'Édouard Adam imagina le premier appareil distillatoire qui ait donné de l'alcool fort, industriellement. Son appareil, dont notre fig. 2, pl. I, donne une idée suffisante, se composait d'un alambic A chargé du liquide à distiller. Les vapeurs s'échappant par le tube supérieur pénétraient dans le vase en forme d'œuf B au moyen d'un tube plongeant jusqu'au fond, puis se rendaient par un autre tube partant du sommet de l'œuf dans un second œuf C, puis de même dans un troisième non représenté, et enfin dans un serpentin D. Alors il arrivait que la vapeur se condensait d'abord dans le premier œuf jusqu'à ce que celui-ci fût assez chaud pour que la vapeur puisse passer dans l'autre où elle se condensait de même; le deuxième œuf s'échauffait et le troisième ensuite, enfin la vapeur se condensait dans le serpentin. Mais le liquide condensé dans le premier œuf, d'après les principes posés plus haut, était plus alcoolique que celui de la chaudière A, et l'alcool du second et du troisième œuf plus fort que celui du précédent. En sorte que l'alcool qui distillait à l'extrémité du serpentin était d'un degré très-élevé. Sous chacun des œufs était ménagé un tuyau d'échappement des liquides concentrés qui retournaient à la chaudière au moyen d'un tube plongeant jusqu'au fond de A. Mais sur ce tube on avait placé un robinet a, et en le réglant convenablement il restait toujours dans les œufs une certaine quantité de liquide alcoolique baignant l'extrémité inférieure des tubes adducteurs, de telle sorte que la vapeur non seulement profitait du refroidissement qu'elle éprouvait en passant dans les œufs pour s'analyser, mais encore se chargeait de l'alcool déflegmatisé qu'elle vaporisait en barbotant dans le liquide alcoolique, exactement comme nous l'avons expliqué précédemment. L'appareil d'Adam remplissait donc toutes les conditions nécessaires pour faire de l'alcool fort économiquement. Malheureusement il avait de graves défauts : la température dans les œufs n'était pas constante, et le barbotage de la vapeur dans le liquide alcoolique produisait dans la chaudière, comme dans tout appareil de Woolf, des pressions assez considérables. Quoi qu'il en soit, cet appareil rendit immédiatement des services éminents à son inven-

teur, qui monta simultanément plusieurs distilleries, à son grand honneur et profit.

Une fois l'idée trouvée, les imitateurs et perfectionneurs ne manquèrent pas; disons de suite qu'Adam intenta par la suite un si grand nombre de procès à ceux qu'il disait être ses contrefacteurs, et qui ne faisaient qu'appliquer autrement ses idées, qu'il se ruina complètement après avoir amassé rapidement une véritable fortune. Parmi les constructeurs d'appareils *à analyse des vapeurs*, nous trouvons Solimani, qui imagina un condenseur à plaques parallèles plongeant dans l'eau maintenu continuellement à une température fixe. Les vapeurs condensées retournaient également à la chaudière, les autres se rendaient à un serpentin réfrigérant. En 1805 parut l'appareil d'Isaac Bérard, qui se rapprochait beaucoup de nos appareils modernes. Seulement son condenseur était composé d'un cylindre horizontal deux fois recourbé et divisé en treize cases ou chambres par des diaphragmes verticaux et communiquant par de petites ouvertures. On pouvait à volonté faire passer la vapeur par le nombre de cases que l'on désirait pour obtenir l'alcool au degré voulu. Le cylindre était immergé dans l'eau à température variable, et les liquides condensés dans les chambres retournaient à la chaudière.

Nous n'avons plus qu'un pas à faire pour arriver aux appareils modernes. En effet, Cellier-Blumenthal, utilisant tout ce qu'il y avait de bon dans les appareils d'Adam, d'I. Bérard et de Solimani, fit construire par Derosne un appareil distillatoire que ses successeurs n'ont plus fait qu'imiter et perfectionner dans les détails, mais non dans l'ensemble général. Le défaut de tous les appareils précédents était d'être intermittents. Celui de Cellier-Blumenthal est continu, c'est-à-dire que par une extrémité on introduit le liquide à distiller et par l'autre on évacue les vinasses successivement au fur et à mesure de leur épuisement, tout en recueillant sans discontinuité un alcool de degré déterminé et constant. Il résulte de ses ingénieuses combinaisons une économie énorme de temps et de feu, car tandis que dans les premiers appareils le poids du combustible était égal à trois fois environ le poids de l'alcool trois-six obtenu, avec l'appareil Cellier-Blumenthal ce poids était réduit au quart du poids de l'alcool.

Notre fig. 3 pl. I, représente la vue d'ensemble de l'appareil de Cellier-Blumenthal, et les figures suivantes ses différents détails.

A l'époque où il fut inventé, l'usage de la vapeur n'était pas aussi largement répandu qu'aujourd'hui pour le chauffage des liquides, et cependant il était constant que l'action directe du feu sur les liquides fermentés produisait inévitablement des accidents dans la distillation, accidents qui se traduisaient par le mauvais goût des alcools. Cellier-Blumenthal imagina de chauffer les jus fermentés avec la vapeur provenant d'une chaudière placée près de la cucurbite de son appareil à distiller; seulement l'eau de cette chaudière était la vinasse presque épuisée de la cucurbite. De la sorte cette vinasse était soumise à une longue ébullition directe qui en faisait dégager complètement la faible quantité d'alcool qu'elle pouvait contenir, et de plus on bénéficiait du calorique qu'elle contenait déjà en sortant de la cucurbite et qui constituait une première économie de combustible.

Cette chaudière A était placée sur un fourneau en brique; la cucurbite B était à côté d'elle sur un plan un peu plus élevé, et sur le passage de la fumée sortant du fourneau qui chauffait la première, de telle sorte que le calorique du combustible était parfaitement employé.

La vapeur qui s'échappait de la première chaudière allait se condenser dans la seconde au moyen du tuyau *e* qui plongeait jusqu'au fond de cette seconde chaudière, au sein du liquide qu'elle contenait. Les vinasses presque épuisées de la cucurbite passaient dans la chaudière à vapeur au moyen du tuyau à robinet

d, plongeant jusqu'au fond de cette chaudière. La vidange des vinasses tout-à-fait épuisées se faisait en ouvrant le robinet K. Des tubes de verre *b* et *f* indiquaient le niveau du liquide dans les deux chaudières.

La cucurbite était surmontée d'une colonne C. La fig. 4, pl. I, représente la partie extérieure de la colonne formée d'un ou plusieurs tronçons et dans laquelle on introduit le système indiqué fig. 5, qui se compose d'une série de capsules ou calottes sphériques en cuivre superposées et opposées par le sommet, et tenues à distance par trois tringles métalliques. Ces capsules ont des diamètres différents. Les plus grandes, qui ont presque le diamètre intérieur de la colonne, sont placées de telle sorte que leur partie arrondie soit en bas, et sont criblées de petites ouvertures; les autres plus petites sont tournées en sens inverse. Le jeu de cette colonne est celui-ci : les vapeurs alcooliques montent, traversent les obstacles qu'elles rencontrent pour s'échapper dans l'atmosphère. Or, dans la capsule supérieure tombe un jet de liquide alcoolique à distiller, qui traverse les trous de cette calotte, retombe sur le sommet d'une des petites capsules qui le distribue en nappe dans la calotte inférieure, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ait parcouru toutes les capsules et retombe dans la cucurbite. On voit qu'alors les vapeurs et le liquide alcoolique suivent un sens inverse, ce qui fait que les vapeurs se déflegment et sortent riches de la colonne. Elles s'enrichissent encore en passant à travers la colonne D qui est superposée à la première et qui est un système analyseur rappelant les œufs d'Édouard Adam, quant à l'effet produit.

En effet, comme le montre la coupe fig. 7, cette colonne, que représente aussi la fig. 6, est séparée en sept chambres par six diaphragmes horizontaux ainsi composés : ce sont des plaques métalliques percées en leur milieu d'un vaste trou. Ce trou est garni au-dessus de la plaque d'un tuyau vertical de même diamètre et de quelques centimètres de haut, formant collerette; par-dessus ce tuyau une calotte est renversée, de telle sorte que son rebord soit dans un plan d'un centimètre environ plus bas que le plan qui passerait par le sommet du tuyau. Les vapeurs alcooliques s'élevant dans cette colonne, se condensent en partie sur les plateaux où elles rencontrent d'ailleurs le liquide très-alcoolique provenant d'un autre appareil que nous allons décrire. Mais ces plateaux s'échauffent; les vapeurs traversant un liquide chaud alcoolique s'analysent, c'est-à-dire que leur partie aqueuse se condense en vaporisant l'alcool que contient ce liquide, exactement comme dans l'appareil d'Adam. L'excès de liquide condensé retombe par le tuyau central, ou plutôt par des petits tuyaux non représentés sur la figure, traversant verticalement le diaphragme; leur sommet s'ouvre à une hauteur d'un demi-centimètre au-dessous du plan supérieur du tuyau central, tandis que leur partie inférieure débouche sous le liquide du plateau immédiatement inférieur, de telle sorte que le niveau est constant sur chaque plateau, plus bas que le rebord du tuyau central, plus haut que celui de la calotte renversée par-dessus le tuyau, de telle sorte que les vapeurs, pour aller d'un plateau à l'autre, sont forcées de barboter dans le liquide pour passer sous les bords de la calotte. Cette disposition est la même que celle représentée fig. 4 (page 131); *b* sont les petits tuyaux d'écoulement de l'alcool condensé sur les plateaux.

En sortant de cette colonne, les vapeurs parcourent dans un cylindre horizontal E un serpentin S, fig. 8, pl. I, dont les spires sont dans un plan moyen vertical. Ce serpentin, comme les plateaux de Solimani, est plongé dans un liquide chaud. Ce liquide, disons-le de suite, n'est pas autre chose que le vin à distiller qui arrive par le tuyau A, se distribue dans une gouttière percée de trous, *yy* (fig. 8), tombe en pluie dans le cylindre qui a reçu le nom de *chauffe-vin*, s'échauffe au contact du serpentin qu'il parcourt de haut en bas grâce à un diaphragme qui sépare le cylindre en deux compartiments inégaux et qui n'est percé de trous

qu'à la partie inférieure, remonte dans le second compartiment, s'échappe par *h* et va tomber déjà chaud sur la première calotte que contient la colonne C. Ainsi les vapeurs alcooliques traversent ce serpentin tenu à une température moyenne de 50° dans le compartiment de droite, et plus élevée dans celui de gauche. Il arrive donc d'abord par J dans les spires les plus chaudes et y dépose beaucoup d'eau, puis dans les autres spires finit de se concentrer complètement. Chaque spire porte dans la partie la plus basse un tuyau vertical servant à évacuer le liquide qui s'y condense. Ces liquides différents se réunissent dans un tuyau PP (fig. 8) incliné; ceux qui viennent des trois spires les plus chaudes, qui sont les plus aqueux, sont distribués au moyen du tuyau-siphon L (fig. 7) sur le troisième plateau de la colonne D, tandis que les portions condensées dans les autres spires, plus alcooliques, sont conduites par le tuyau L' sur le cinquième plateau. Des robinets *n*, *o* permettent de n'envoyer sur les cinq plateaux que la quantité de liquide que l'on veut, par conséquent de graduer la force de l'alcool à obtenir.

Enfin, en sortant du chauffe-vin, les vapeurs aussi concentrées que possible sont condensées dans le vase F qui contient un serpentin plongé dans un liquide froid, et s'écoule par X dans les récipients à alcool. Le liquide qui refroidit le serpentin est encore le vin qui, contenu dans le réservoir H, s'écoule par un robinet muni d'un flotteur régulateur dans le bac G dont on règle le robinet V, de manière qu'un jet continu entre par un entonnoir et le tube S' dans le vase F. Ce vin, déjà légèrement échauffé, s'échappe par le sommet du vase F qui n'offre qu'une seule ouverture sur laquelle se boulonne le tube T qui alimente le chauffe-vin. On voit donc combien dans toute cette machine le calorique est utilisé, sans perte autre que celle provenant de l'évacuation des vinasses concentrées par le robinet *a*; mais comme ces vinasses vont être elles-mêmes évaporées pour en fabriquer de la potasse, ou rejetées sur les monts pour les réchauffer, leur chaleur ne sera pas perdue, par conséquent, pour le travail général de l'usine.

Nous nous sommes étendu longuement sur l'appareil de Collier-Blumenthal et Derosne, parce que c'est le premier et que sa compréhension facilitera celle de tous les autres appareils; nous allons étudier maintenant, avant d'aborder la description des autres plus modernes encore, les différentes formes que l'on peut donner aux plateaux des appareils déflegmateurs et analyseurs.

En effet, nous venons de voir dans les colonnes C et D deux sortes de plateaux : les uns dans lesquels les vapeurs alcooliques se concentrent par simple condensation de l'eau qui entre dans leur composition, les autres dont l'action est plus complexe, puisque les vapeurs s'y condensent en partie tout en provoquant par la perte de leur chaleur latente la volatilisation de nouvelles vapeurs alcooliques.

Le premier genre de plateaux est employé plus rarement aujourd'hui en France que le second. Les Allemands, au contraire, l'adoptent de préférence dans leurs appareils, qui, d'ailleurs, produisent des alcools peu concentrés. Ils lui donnent alors les formes représentées fig. 2 et 3. Le premier, connu sous le nom de *plateau de Pistorius*, plus répandu que le second, se compose d'un espace *b b* compris entre deux calottes sphériques égales se reliant par la circonférence de leur section. La vapeur alcoolique entre par un tuyau central inférieur *a*, rencontre dans l'espace lenticulaire un diaphragme qui la force à lécher toutes les parois du plateau, et elle s'échappe enfin en *c*. La partie inférieure de l'appareil est refroidie par le rayonnement atmosphérique, la partie supérieure porte un réservoir *d*, dans lequel coule un courant d'eau; la vapeur rencontre donc des parois de moins en moins chaudes, conditions nécessaires pour la déflegmation. On superpose plusieurs de ces plateaux reliés entre eux

par des tubes courts, *a* et *a*. Sur le plateau le plus élevé tombe de l'eau froide qui s'échauffe, se divise par un trop-plein sur le second, puis le troisième, etc., de telle sorte que la déflegmation se continue de plateaux en plateaux, sous l'action de températures de moins en moins élevées. La fig. 2, pl. I, représente l'appareil de Pistorius complet.

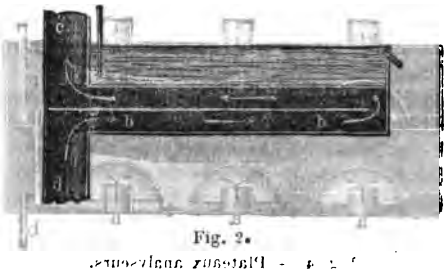


Fig. 2.

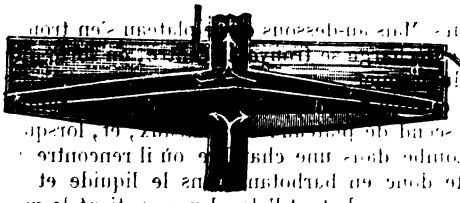


Fig. 3. — Plateau de Pistorius.

L'inventeur a imité Cellier-Blumenthal en faisant usage de deux chaudières A et B, auxquelles il ajoute des agitateurs à chaîne mus par les manivelles E et F', lorsque l'on veut distiller des matières pâteuses. La vapeur rencontre d'abord un plateau rectificateur, en sortant de S' et barbotant dans le liquide R, et se déflegme au contact de la caisse C qui est un chauffe-vin et des plateaux T et T'. Enfin elles se condensent dans un serpentin en sortant de P.

Cet appareil a été modifié comme l'indique la fig. 1, pl. II. U est la première chaudière dont les vapeurs s'échappent par le tuyau recourbé L. Cette chaudière est chauffée à la vapeur. O est la deuxième chaudière; ses vapeurs rencontrent comme précédemment un système rectificateur *y*, circulent autour du chauffe-vin V, traversent un nouvel appareil rectificateur *y'* placé sous un plateau de Pistorius, et enfin s'échappent en traversant deux plateaux simples B et B', et se rendent dans un serpentin refroidi comme précédemment. On voit, dans le premier appareil, la chute de l'un sur l'autre plateau du liquide destiné à les rafraîchir. On a modifié le cupelet, et considérablement la forme de cet appareil, en fait parfois les chaudières en bois, ce qui a l'avantage de coûter moins cher et de perdre moins de calorique; on sépare les plateaux des chaudières pour faire un appareil moins élevé, enfin on l'accommode facilement à tous les usages de la petite industrie, ce qui l'a fait répandre aussi bien en Russie que dans les contrées pauvres de la Prusse.

Les plateaux à analyse ou rectification de l'alcool que nous venons de voir employer en petit nombre dans les machines précédentes, sont devenus d'un usage général dans les appareils français et belges. Composés tout d'abord, comme nous l'avons vu précédemment, d'un large tuyau unique dépassant le plateau et coiffé d'une capsule formant chicane, et forçant la vapeur à barboter dans le liquide alcoolique, on leur donna une action plus puissante en remplaçant cette large ouverture par plusieurs petites, fig. 4, *a*, *a*, placées à côté les unes des autres, munies également d'une rehausse et coiffées d'une capsule, de manière que la vapeur rencontre une résistance d'un demi-centimètre de liquide environ. Des tuyaux *b*, *b*, règlent la hauteur du liquide sur le plateau, déversant l'excédant sur le plateau inférieur. Ces plateaux se placent l'un au-dessus de l'autre en grand nombre, recevant du haut de la colonne un liquide froid et alcoolique, tandis qu'en bas les plateaux sont couverts d'une liqueur chaude et faible en alcool; en sorte que les vapeurs se concentrent de plus en plus au contact de liquides plus alcooliques et plus froids. Comme

exemple nous prendrons les appareils belges à colonne et à distillation continue, fig. 2, pl. II, que l'on doit encore à Cellier-Blumenthal. Ils se composent d'une série de quatorze plateaux superposés, percés de sept ouvertures pour l'échappement des vapeurs alcooliques, surmontées de capsules, telles que nous les avons décrites dans la figure précédente. Les fig. 3 et 4, pl. II, indiquent la disposition respective de ces ouvertures, placées en cercle sur le pourtour du plateau. Au centre se trouve un système de chicane, lame de tôle peu élevée, qui force le liquide tombant d'un plateau supérieur au centre du plateau fig. 3 immédiatement au-dessous de lui, à suivre, comme l'indiquent les flèches, le pourtour de ce plateau, lécher toutes les capsules, et finalement se précipiter dans une ouverture *c* placée à l'autre extrémité du parcours. Mais au-dessous de ce plateau s'en trouve un autre analogue, dont le tuyau de décharge se trouve au centre, en sorte que le parcours se fait en sens inverse du premier.

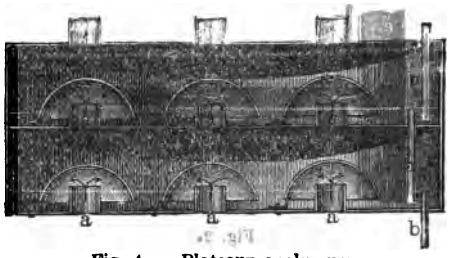


Fig. 4. — Plateaux analyseurs.

Le liquide à distiller venant d'un chauffe-vin, appelé *cuve de vitesse*, tombe par le tuyau *c* dans la colonne A, descend de plateaux en plateaux, et, lorsqu'il arrive sous le plateau inférieur, tombe dans une chambre où il rencontre un jet de vapeur. Cette vapeur remonte donc en barbotant dans le liquide et se chargeant par les condensations successives de tout l'alcool que contient le vin, tellement qu'au dernier plateau les vinasses qui s'écoulent par le trop-plein *e* ne sont plus de tout alcooliques.

Les vapeurs se condensent généralement dans deux serpentins consécutifs entourés du vin à distiller, et finalement dans un troisième serpentin entouré d'eau. Il n'y a dans ces appareils aucune rétrogradation, ce qui fait que les flegmes ne marquent guère que 60 ou 60 degrés. Notre figure indique une disposition destinée à augmenter ce degré en interposant entre la colonne et les cuves de vitesse un serpentin B, entouré de vin déjà chaud, ce qui donne lieu à une déflegmation des vapeurs. Quoi qu'il en soit, cet appareil qui est de grandes dimensions, a mêt. à 1m,25 de diamètre, travaille beaucoup et en très peu de temps, et donne des flegmes faciles à rectifier. Il a été légèrement modifié par son inventeur pour distiller les matières pâteuses. La cuve de vitesse est munie d'un agitateur et est unique, la tuyauterie plus large, les plateaux plus faciles à nettoyer par des dimensions différentes.

Les plateaux n'ont pas toujours cette même forme. En effet, l'application de la distillerie à l'agriculture, comme complément nécessaire de la ferme, nécessitait des appareils rustiques, d'un démontage et d'un nettoyage faciles. Dès lors les colonnes préalablement en cuivre furent construites en fonte, et les plateaux prirent des formes variables. M. Champonnois imagina de remplacer ces nombreuses ouvertures faisant une surface de contact étendue entre les liquides et les vapeurs, par un système de calotte en forme d'étoile à six branches recouvrant une seule ouverture très-large, et reposant naturellement sur le plateau par ses bords garnis d'une nombreuse dentelure. C'est par les canaux existant entre ces dents que la vapeur s'échappe en minces filets sous une surface considérable.

L'appareil distillatoire de M. Champonnois, fig. 5, se compose d'une grande chaudière à feu nu A, surmontée de dix-sept plateaux, et d'un appareil chauffe-vin particulier. Ce chauffe-vin, fig. 6, est un serpentin formé d'une double

lame contournée en spirale autour d'un tube central *c* ouvert par en-bas seulement. Les vapeurs alcooliques s'élevant des plateaux pénètrent dans ce tube *c*, suivent l'entre-deux des lames et s'échappent par le tube latéral D, tandis que le liquide condensé tombe par le tube *f* sur le plateau supérieur. Mais les deux lames laissent entre elles deux espaces vides concentriques et n'ayant aucun

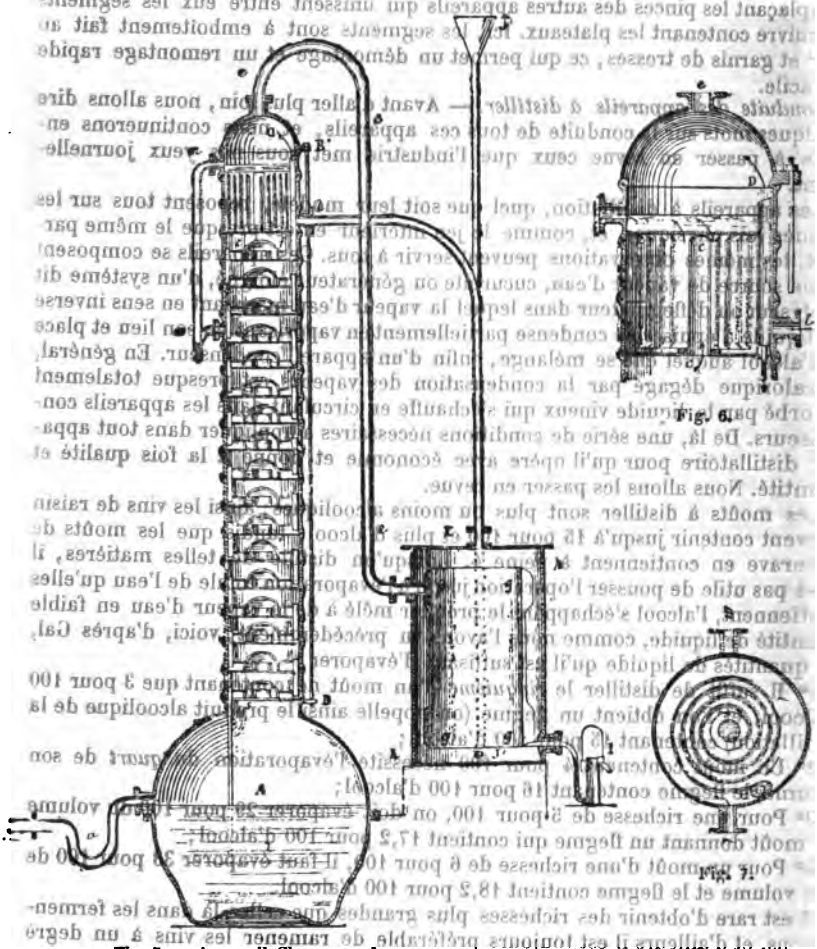


Fig. 6.

Fig. 7.

Fig. 5. — Appareil Champonnois.

accès de l'un à l'autre ; dans le second intervalle, on fait entrer par le tuyau L le vin à distiller qui s'échauffe au contact de la vapeur, marchant en sens inverse, et qui s'échappe par l'espace annulaire K, fig. 7, après avoir circulé autour du tuyau *c*. Ce liquide se rend de là, par le tube *m*, sur le quatrième plateau supérieur de la colonne, et tombe de plateau en plateau dans la chaudière A, d'où il s'échappe continuellement à l'état de vinasse par le tube *a*. La condensation des vapeurs se fait par leur circulation dans l'espace annulaire laissé entre deux cylindres concentriques, *g*, qui sont noyés dans une caisse *h*,

remplie du vin à distiller. Ce vin tombe de la partie supérieure de l'acier dans le tube à entonnoir JJ, traverse le tambour dans son axe, et s'échappe par le tube K dans le chauffe-vin.

Ajoutons, pour terminer cette description, que de longs boulons relient entre eux plateaux, chauffe-vin et alambic de manière à faire un tout inamovible, remplaçant les pinces des autres appareils qui unissent entre eux les segments de cuivre contenant les plateaux. Ici, les segments sont à emboîtement fait au tour et garnis de tresses, ce qui permet un démontage et un remontage rapide et facile.

Conduite des appareils à distiller. — Avant d'aller plus loin, nous allons dire quelques mots sur la conduite de tous ces appareils, et nous continuerons ensuite à passer en revue ceux que l'industrie met sous nos yeux journellement.

Les appareils à distillation, quel que soit leur modèle, reposent tous sur les mêmes lois physiques, et, comme le jeu intérieur en est presque le même partout, les mêmes observations peuvent servir à tous. Ces appareils se composent d'une source de vapeur d'eau, cucurbite ou générateur éloigné, d'un système dit analyseur ou déflegmateur dans lequel la vapeur d'eau marchant en sens inverse du liquide à épuiser se condense partiellement en vaporisant en son lieu et place de l'alcool auquel elle se mélange, enfin d'un appareil condenseur. En général, le calorique dégagé par la condensation des vapeurs est presque totalement absorbé par le liquide vineux qui s'échauffe en circulant dans les appareils condenseurs. De là, une série de conditions nécessaires à appliquer dans tout appareil distillatoire pour qu'il opère avec économie et donne à la fois qualité et quantité. Nous allons les passer en revue.

Les moûts à distiller sont plus ou moins alcooliques; ainsi les vins de raisin peuvent contenir jusqu'à 15 pour 100 et plus d'alcool, tandis que les moûts de betterave en contiennent à peine 4. Lorsqu'on distille de telles matières, il n'est pas utile de pousser l'opération jusqu'à l'évaporation totale de l'eau qu'elles contiennent, l'alcool s'échappant le premier mêlé à de la vapeur d'eau en faible quantité de liquide, comme nous l'avons vu précédemment; voici, d'après Gal, les quantités de liquide qu'il est suffisant d'évaporer :

1° Il suffit de distiller le *cinquième* d'un moût ne contenant que 3 pour 100 d'alcool, et l'on obtient un flegme (on appelle ainsi le produit alcoolique de la distillation) contenant 15 pour 100 d'alcool;

2° Un moût contenant 4 pour 100 nécessite l'évaporation du *quart* de son volume, le flegme contenant 16 pour 100 d'alcool;

3° Pour une richesse de 5 pour 100, on doit évaporer 29 pour 100 du volume du moût donnant un flegme qui contient 17,2 pour 100 d'alcool;

4° Pour un moût d'une richesse de 6 pour 100, il faut évaporer 33 pour 100 de son volume et le flegme contient 18,2 pour 100 d'alcool.

Il est rare d'obtenir des richesses plus grandes que celles-là dans les fermentations, et d'ailleurs il est toujours préférable de ramener les vins à un degré bas pour en opérer la distillation industrielle.

Lors donc que l'on aura une fabrication déterminée, on devra se munir d'appareils appropriés, et pouvant rendre les services demandés dans de bonnes conditions; car il n'est pas indifférent d'évaporer dans un même appareil des quantités d'eau plus ou moins considérables. En effet, si la machine est destinée à débiter un minimum de tant d'alcool d'un certain degré employant, par exemple, des moûts faibles à 3 pour 100, si l'on distille dans cet appareil des liquides à 6 pour 100 d'alcool, nécessitant l'évaporation d'une plus grande quantité du volume total du liquide, et par conséquent le passage autour des serpentins d'une quantité moindre de ce liquide, la condensation des vapeurs pourra être,

dans ces conditions, très-défectueuses. Il est donc indispensable d'opérer sur des moûts toujours semblables, pour que les appareils ne soient pas mis en défaut.

Si l'on veut calculer la surface de chauffe de ses chaudières, il ne faudra compter que sur une production de vapeur de 15 à 20 kilog. par mètres carrés et par heure, selon Péclet, si l'on opère à feu nu, ou bien de 2 kilog. par mètre carré, par heure et par degré de différence de température si l'on emploie des serpentins.

La surface des condenseurs se calcule facilement de même ; quant à la forme et aux dimensions de la colonne à distiller et au nombre de ses plateaux, il est impossible de les déterminer à l'avance ; ce n'est que l'expérience qui peut guider en la matière, c'est pourquoi l'on doit s'adresser dans le choix des appareils aux constructeurs les plus expérimentés, vu que même le plus habile chaudronnier ne peut pas du premier coup construire un bon appareil s'il ne s'est rendu compte par lui-même des effets des colonnes.

Dans l'intérieur des appareils règne une légère pression à cause du barbotage de la vapeur qui passe sous les calottes des rectificateurs, et de la longueur de la tuyauterie, des coudes, etc., en sorte qu'au bas de la colonne le liquide bout à une température un peu plus élevée qu'en haut.

Lorsque, par suite de condensations trop rapides ou d'un manque dans le chauffage, cette pression cesse d'exister, et même qu'un vide partiel se produit entre les plateaux, il s'ensuit des désordres graves dans la distillation qui s'emporte, à cause du dégagement subit des vapeurs alcooliques, d'où résulte en dernier ressort des pertes d'alcool non condensées, des dangers d'incendie, en tous cas une opération à recommencer. Il faut donc avoir soin de conduire son chauffage et sa condensation bien régulièrement.

Lorsque l'on met en train, les vapeurs s'élèvent dans la colonne vide, se condensent sur les plateaux, et montent de proche en proche jusqu'en haut. Si à ce moment on faisait couler en sens inverse un liquide froid pour alimenter la chaudière, il y aurait condensation immédiate des vapeurs, production de vide, d'où pourrait provenir un aplatissement de certains organes sous la pression atmosphérique et une dislocation générale. Il est donc bien important, au début, de ne faire arriver dans la colonne que des liquides aussi chauds que possible, obtenus en n'alimentant pas le chauffe-vin qui emprunte une grande quantité de calorique aux vapeurs qui s'y condensent naturellement.

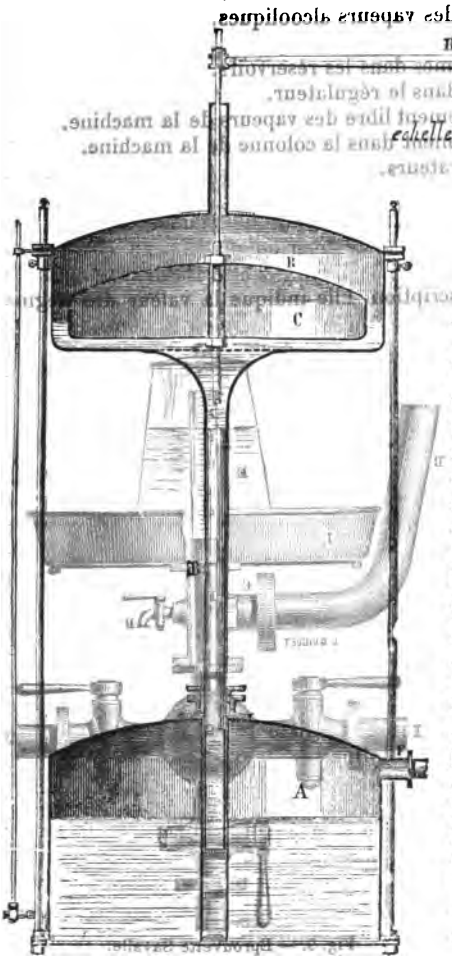
Enfin, outre ces accidents, on en doit redouter d'autres : les coups de feu, par exemple, qui ne sont à craindre que dans les appareils à feu nu, et que l'on rend moins fréquents en faisant usage d'une vaste surface de chauffe et une épaisseur de liquide peu considérable ; une distillation inégale, causée par un chauffage irrégulier ; les fuites qu'il importe de surveiller avec soin et qui seront d'autant moindres que la pression sera diminuée davantage dans les appareils ; les vinasses mal épuisées, provenant d'un travail trop rapide et disproportionné à la dimension de l'appareil ; la condensation imparfaite des vapeurs, causées par un refroidissement insuffisant des serpentins, ce qui peut être cause d'incendies, par l'accumulation des vapeurs dans l'usine. Tels sont les quelques points sur lesquels les industriels doivent tourner leur attention.

Appareils divers. — *Appareil Coffey.* — Les Anglais font les alcools en grande masse ; aussi ont-ils des appareils à distiller considérables, basés sur les mêmes principes que ceux décrits précédemment, mais affectant des formes différentes. L'appareil Coffey, fig. 10, pl. I, se compose de deux colonnes C D E F et G H J K, placées l'une près de l'autre, et surmontant une chambre rectangulaire dans laquelle pénètre un tuyau de vapeur *b* provenant du générateur A. Cette chambre

est séparée en deux compartiments par une cloison horizontale percée de petits trous, et munie de clapets de sûreté *l* s'ouvrant sous l'effort d'une trop grande pression. La colonne CDEF, appelée *analyseur*, est composée d'une douzaine de petites chambres superposées entre elles par des cloisons semblables à celle dont nous venons de parler, percées de trous et munies de petits clapets *f*. Les vapeurs qui s'échappent par le sommet de la chambre retournent à la partie inférieure de la deuxième colonne appelée *rectificateur*. Cette deuxième colonne est séparée également par des cloisons K percées de trous en dix chambres inférieures et par de simples chicanes en six autres chambres supérieures. Entre chacune de ces cloisons circule un tuyau formant serpentin vertical, partant du haut de la colonne et se prolongeant jusqu'en bas pour remonter déverser son contenu sur le plateau supérieur de l'analyseur. Voici comment fonctionne l'appareil. La pompe Q refoule à travers le serpentin faisant fonction de chauffe-vin le liquide à distiller contenu dans le réservoir M et s'écoulant dans le bac L au fur et à mesure des besoins. Le liquide descend de plateau en plateau au moyen des tubes de niveau *g*, retombe dans le compartiment B et de là dans B'. Mais le tuyau *b* envoie pendant ce temps de la vapeur qui volatilise l'alcool contenu dans le réservoir B', traverse la plaque perforée *ab*, arrive en B dont le liquide qui la remplit est plus alcoolique, ce qui fournit un premier travail d'analyse; ensuite ces vapeurs se rendent par F dans toute la série des plateaux de la première colonne en sens inverse du liquide qui les recouvre, en barbotant par les trous d'écumoire qu'ils contiennent et se chargeant d'autant d'alcool; puis elles sortent de la colonne par le haut, se rendent en bas du rectificateur par le tuyau *iG*, en traversant les dix premiers plateaux sur lesquels elles ne rencontrent que du liquide alcoolique condensé très-fort, arrivent en *uu*, passent par la seule ouverture que présente ce diaphragme, et remonte de plateaux en plateaux, en se condensant au contact du liquide très-alcoolique qui s'était lui-même préalablement condensé, et qui fait cascade aux extrémités des diaphragmes *v*. En montant dans cette vaste chambre, sous l'influence des liquides qu'elle rencontre, du serpentin qui la refroidit, la vapeur, avant même d'arriver tout en haut, est complétement condensée. Le liquide encore chaud qui résulte de cette condensation coule par l'ajutage *y*, se rendant dans un réfrigérant, tandis que les vapeurs qui pourraient ne pas être condensées s'échappent par le tube R et se rendent dans un serpentin refroidi. Tel est l'ensemble de cet appareil, dont les détails de la figure compléteront la description que notre cadre ne permet pas d'allonger davantage.

Appareils Savalle. — M. Savalle, qui a trouvé dans son fils un successeur digne de lui, a, par une longue pratique, cherché à perfectionner les appareils à distiller au point de vue surtout de la régularité automatique qui assure un travail constant, sans accidents, et par conséquent donnent des produits de qualité exceptionnelle. Il a cherché aussi à faire produire le plus possible à chacune de ses machines, c'est-à-dire à leur faire fournir le meilleur travail possible dans un temps restreint. A la suite d'un incendie qui dévasta l'une de ses distilleries, ses travaux se dirigèrent surtout du côté de la direction de la vapeur : en effet, il remarqua qu'avec une pression constante dans l'alambic on obtenait un travail essentiellement régulier. Il fit donc placer dans tous ses appareils des manomètres à air libre que l'ouvrier suivait de l'œil tandis que, la main sur le régulateur de vapeur, il en conduisait l'introduction avec connaissance de cause. Mais la chose ne parut pas suffisante, et M. Savalle fils inventa le régulateur de chauffage que nous allons décrire, fig. 8. C'est un manomètre à eau dont A est la chambre de vapeur, B le tube plongeant dans lequel s'élève l'eau sous la pression de la vapeur dans l'alambic avec lequel le réservoir A est en communica-

tion constante par le tube F. La pression est toujours faible dans les alambics; aussi la colonne B est-elle courte, de longueur constante et terminée par un large entonnoir B, dans lequel se trouve et se déplace la surface supérieure de la colonne liquide. Dans cet entonnoir flotte un vase C sur le liquide du manomètre,



vase fermé, de toute part, d'un poids assez considérable, et agissant par une tige qui le traverse sur l'extrémité du bras de levier D, lequel fait fonctionner la soupape E qui règle l'introduction de la vapeur dans l'alambic. En effet, si la pression y est trop faible, l'air contenu dans A sur lequel s'opère l'action de la vapeur, se déplace dans le tuyau F; l'eau descend par B, le niveau descend également dans l'entonnoir; le flotteur C redescend, entraîne le levier D, ouvre la soupape E; la vapeur rentre, la pression se rétablit; C remonte, obstrue la prise de vapeur de la quantité suffisante pour que la régularité se rétablisse dans le chauffage. Cet appareil fonctionne fort bien, et, depuis son application générale, les distillateurs en retirent économie de vapeur et augmentation dans les rendements d'alcool, car il n'y a aucune perte possible de ce côté.

La fig. 4, pl. III, représente l'ensemble d'un appareil Savalle, et de son régulateur. On y voit un emploi intelligent des vapeurs d'échappement des machines de l'atelier pour le chauffage des bains.

A, colonne à distiller.
B, chaudière.
C, brise-mousse.
D, chauffe-vin tubulaire.
E, réfrigérant.
F, régulateur de vapeur.

G, éprouvette.
H, machine à vapeur dont l'échappement sert à chauffer la chaudière B.
i, entrée des vins dans l'appareil.
j, entrée des vins chauds dans la colonne distillatoire.
i, et *k* tuyaux d'échappement des vapeurs alcooliques.
m, tuyaux de sortie des flegmes.
s, tuyaux de réception des flegmes dans les réservoirs.
o, tuyaux donnant la pression dans le régulateur.
1, robinet permettant l'échappement libre des vapeurs de la machine.
2, robinet permettant l'échappement dans la colonne de la machine.
3, prise de vapeur sur les générateurs.
4, reniflard.
5, trou d'homme.
6, indicateur de niveau.
7, robinet de vidange.

L'éprouvette G demande une description. Elle indique la valeur des flegmes produits, leur degré et leur température, ainsi que le débit de l'appareil. Elle est représentée fig. 9 en détail. B est le tuyau des alcools arrivant du réfrigérant, se branchant sur la tubulure C munie d'un robinet de dégustation D. Au milieu de la tubulure s'élève un tube vertical qui se prolonge à la partie supérieure par un tube de verre gradué, et à la partie inférieure par un sphère G sur laquelle se branchent trois robinets HII servant à la distribution dans divers réservoirs des alcools suivant leur qualité respective. L est une cuvette; dans son centre est une ouverture dans l'axe de laquelle passe le tube de verre gradué; une cloche de verre E est renversée par-dessus le tout: dans le cas où cette cloche se briserait, l'alcool qu'elle contient tomberait dans la cuvette. Le tube central porte, un peu au-dessous du tube de verre, une petite ouverture carrée F de dimension déterminée; c'est par cette ouverture que s'écoulent les flegmes dans le tube et le ballon G. cette ouverture étant petite, lorsque le réfrigérant donne plus d'alcool qu'on en peut débiter, cet alcool monte dans la tubulure C autour du tube de verre, emplit la cloche jusqu'à une certaine hauteur qu'on peut lire sur ce tube. Mais alors il se fait sur l'ouverture F une pression proportionnelle à la hauteur du liquide; dès lors le débit de l'alcool augmente, et, si l'on règle convenablement le réfrigérant, on pourra maintenir le liquide à la même hauteur en E tout le temps du travail, et c'est justement ce débit que l'on lit sur le tube de verre.

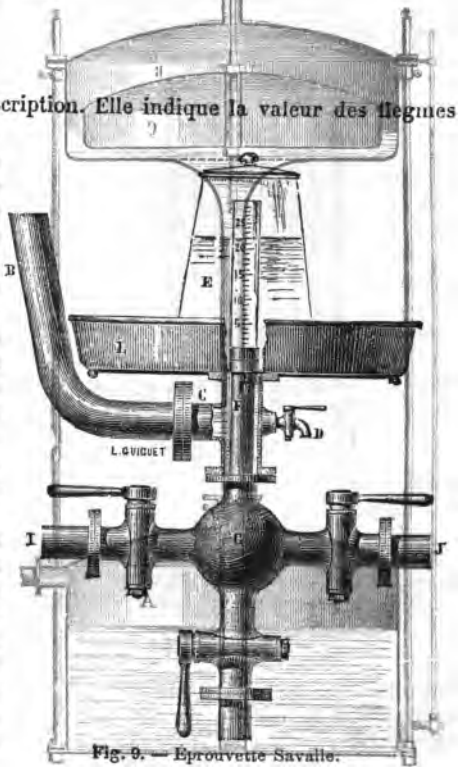


Fig. 9. — Éprouvette Savalle.

Le chauffage des vins au moyen des serpentins dans une chaudière offre certains inconvénients inhérents à la difficulté de nettoyage et de réparation; aussi M. Savalle a-t-il cherché à résoudre le problème autrement. Il y est arrivé en chauffant les vins dans des appareils tubulaires séparés, que nous voyons appliqués dans la fig. 5, pl. II, et dessinés en coupe fig. 10.

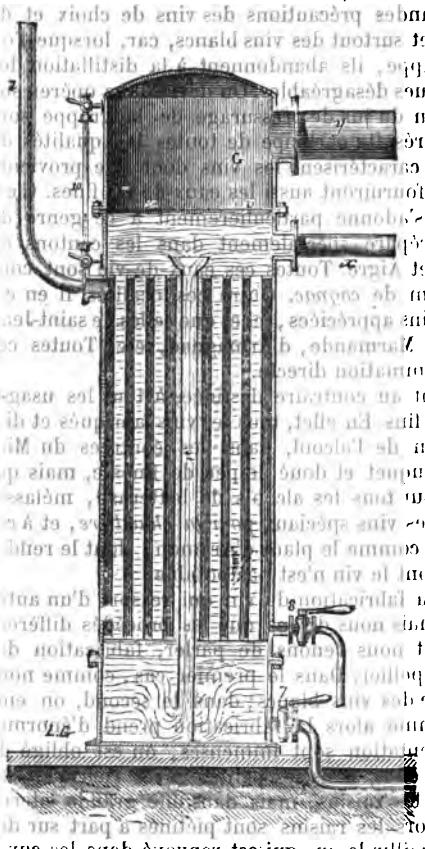


Fig. 10. — Réchauffeur tubulaire.

La fig. 10 est un appareil distillatoire dont la colonne est rectangulaire et tout en fonte, les segments en étant reunis par des boulons et le chauffage du vin s'effectuant dans le cylindre C. La vapeur arrive par le tube t après avoir traversé la soupape du régulateur a, chauffe le liquide qui passe dans des tuyaux verticaux autour desquels elle circule et se condense. Le vin chaud épuisé, après avoir circulé dans la colonne, arrive par le tube x, s'échappe à l'état de vinasse par le robinet 7, et la vapeur condensée s'écoule en eau de condensation par le robinet 8, et la vapeur faiblement alcoolique qui s'échappe de G entre dans la colonne par y. Le reste de l'appareil est analogue au précédent. Cette disposition rend l'ensemble meilleur marché, la forme des plateaux favorise un nettoyage facile, enfin l'emploi de la fonte, au lieu du cuivre, permet la distillation de vins acides qui attaquent fort peu le métal. Cet appareil est donc très-rustique et très-commode pour les usages agricoles.

Nous ne nous attarderons pas davantage sur les appareils à distiller; ce que nous avons dit suffit pour faire comprendre la description de tous les systèmes que nous rencontrerons à l'Exposition.

FABRICATION DES DIVERS LIQUIDES ALCOOLIQUES

Alcool de vin. — La première source d'alcool à laquelle les alchimistes se soient adressés est le vin, car le vin est le premier liquide alcoolique abondant que l'on ait eu sous la main, et c'est par lui que nous commencerons. A côté des vins, nous pourrions placer les moûts résultant de la fermentation des fruits de jardin qui donnent des alcools pour boissons et liqueurs, parfois d'un goût exquis; mais ces fabrications sont relativement peu importantes, et nous ne

nous occupons ici que de la grande industrie, les autres étant surtout du domaine du liquoriste.

La fabrication de l'alcool de vin a deux buts, dont l'un est de faire des *eaux-de-vie* fines, et l'autre de l'alcool dit de Montpellier. La fabrication des eaux-de-vie se fait en distillant, avec de grandes précautions des vins de choix et de fabrication spéciale pour cet usage, et surtout des vins blancs, car, lorsque l'on distille des vins fermentés sur la grappe, ils abandonnent à la distillation des matières odorantes et empyreumatiques désagréables. On devra donc opérer sur des vins préparés par la fermentation du jus de pressurage de la grappe sortant de la vigne. L'eau-de-vie qui en résulte participe de toutes les qualités de bouquet, de saveur particulière qui caractérisent les vins dont elle provient, en sorte que les crus de grands vins fourniront aussi les eaux-de-vie fines. C'est dans le midi de la France que l'on s'adonne particulièrement à ce genre de travail, et la *fine champagne* se prépare spécialement dans les cantons de Blanzac, Cognac, Barnac, Rouillac et Aigre. Toutes ces eaux-de-vie sont connues dans le commerce sous le nom de *cognac*. Outre ces localités, il en est d'autres dont les eaux-de-vie sont moins appréciées, telles que celles de saint-Jean d'Angély, d'Annis et Saintonge, de Marmande, d'Armagnac, etc. Toutes ces fabrications sont destinées à la consommation directe.

Les eaux-de-vie de Montpellier sont au contraire destinées à tous les usages dans lesquels on emploie des esprits fins. En effet, tous les vins fabriqués et distillés, dans le but de la génération de l'alcool, dans les contrées du Midi surtout, donnent un produit sans bouquet et doué de peu de finesse, mais qui cependant l'emporte haut la main sur tous les alcools de betterave, mélasse, etc. On a donc cherché à fabriquer des vins spéciaux *pour la chaudière*, et à cet effet on cultive des plants de vigne, comme le plant d'Aramon, dont le rendement en alcool est immense, mais dont le vin n'est pas potable.

Nous ne nous occuperons pas de la fabrication du vin qui ressort d'un autre chapitre (voir *Boissons fermentées*), mais nous dirons que les procédés diffèrent quelque peu dans les deux cas dont nous venons de parler, fabrication des cognacs et des eaux-de-vie de Montpellier. Dans le premier cas, comme nous le disions, on fait autant que possible des vins blancs; dans le second, on emploie moins de précaution; et, comme alors la fabrication prend d'énormes proportions, que les cuves à fermentation sont immenses, on est obligé de varier un peu le *modus operandi*. En effet, dans les petites cuves rien n'est facile comme d'écraser sous les pieds les raisins, mais dans une grande citerne ce travail devient impossible. Dès lors les raisins sont piétinés à part sur des aires entourées de rigoles pour recueillir le jus qui est renvoyé dans les cuves et mélangé aux rafles que l'on recueille après le piétinement. Parfois cette opération est remplacée par un concassage mécanique des grains entre deux rouleaux suffisamment espacés pour éviter d'écraser les pépins. Bref, chaque industriel varie la méthode suivant l'importance et la distribution de son exploitation. Alors la fermentation s'opère, on porte le tout sous le pressoir, et finalement on obtient un moût alcoolique tout prêt pour la distillation.

Celui qui fabrique le vin n'est pas toujours celui qui le distille; car, outre les grandes industries bien outillées et possédant une distillerie, il en est bon nombre qui vendent leurs vins à des distillateurs ambulants, lesquels fabriquent spécialement les esprits que l'on appelle *trois-six*. Les appareils distillatoires dont on se sert pour les vins sont rarement aussi considérables que ceux que nous avons décrits. Parfois même ils sont portatifs et installés sur des voitures, comme l'ont fait divers constructeurs; ainsi M. Savalle installe encore un petit générateur destiné à fournir de vapeur un appareil à colonne disposé dans une voiture; M. Egrot chauffe à feu nu, et son appareil se compose de

deux chaudières comme l'appareil Blumenthal, mais superposées, d'une colonne et d'un condenseur, etc. Les appareils fixes sont parfois plus compliqués.

La fig. 11 représente l'appareil Allègre, dont la fig. 12 est la coupe.

AB, foyer.

E, chaudière.

F, robinet de vidange.

G, robinet régulateur de niveau.

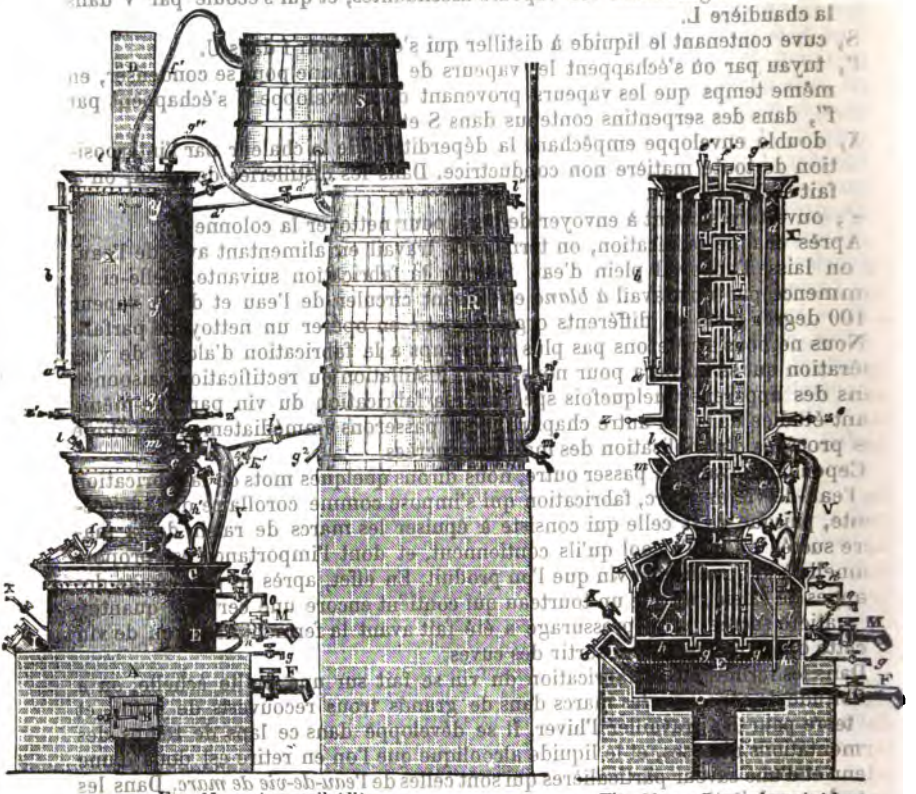


Fig. 11. — Appareil Allègre.

Fig. 12. — Coupe du précédent.

K, robinet d'essai des vapeurs (à la fin de l'opération, les vapeurs qui s'en échappent ne brûlent plus).

L, seconde chaudière, M, robinet de vidange, o robinet régulateur de niveau.

n, tuyau mettant les deux chaudières en communication.

Q, plaque de séparation des deux chaudières. En son centre le tuyau n, recouvert d'une série de cylindres fermés et ouverts par en haut, alternativement, forme un système analyseur dont les liquides condensés s'écoulent par les gouttières gg. La vapeur s'échappe par trois petites ouvertures obliques n, x qui les forcent à traverser le liquide de L.

y, tube de sûreté recourbé en S, permettant en cas de condensation subite la rentrée de l'air.

a, robinet d'essai des vapeurs de L.

e, premier rectificateur, surmonté d'un rebord m, rempli d'eau froide. Les liquides condensés sont évacués dans l'une ou l'autre chaudière par L.

o, p, q, r, s, o' sont six appareils déflegmateurs en colonne, ayant même forme que l'analyseur e, mais les liquides condensés s'échappant de suite par les gouttières 1, 2, 3, 4, 5, 6, ne forment aucun obstacle à la vapeur ascendante.

U, cylindre enveloppant la colonne précédente *a* dont l'ensemble forme un espace dans lequel circule le liquide à distiller qui s'échauffe en condensant et déflegmatisant les vapeurs ascendantes, et qui s'écoule par V dans la chaudière L.

S, cuve contenant le liquide à distiller qui s'écoule par f dans U.

f', tuyau par où s'échappent les vapeurs de la colonne pour se condenser, en même temps que les vapeurs provenant de l'enveloppe U s'échappent par f'', dans des serpentins contenus dans S et dans R.

X, double enveloppe empêchant la déperdition de la chaleur par l'interposition de toute matière non conductrice. Dans les distilleries de grain, on y fait sécher le malt.

e', ouverture servant à envoyer de l'eau pour nettoyer la colonne.

Après chaque fabrication, on termine le travail en alimentant avec de l'eau, et on laisse l'appareil plein d'eau jusqu'à la fabrication suivante. Celle-ci se commence par un travail *à blanc* en faisant circuler de l'eau et de la vapeur à 100 degrés dans les différents organes pour en opérer un nettoyage parfait.

Nous ne nous arrêterons pas plus longtemps à la fabrication d'alcool de vin, opération qui se bornera pour nous à une distillation ou rectification raisonnée dans des appareils quelquefois spéciaux; la fabrication du vin par elle-même étant étudiée dans un autre chapitre, nous passerons immédiatement à l'étude des procédés d'alcoolisation des matières sucrées.

Cependant, avant de passer outre, nous dirons quelques mots de la fabrication de l'eau-de-vie de marc, fabrication qui s'impose comme corollaire de la précédente, puisque c'est celle qui consiste à épuiser les marcs de raisin de la matière sucrée ou de l'alcool qu'ils contiennent, et dont l'importance est proportionnelle à la quantité de vin que l'on produit. En effet, après le pressurage des grappes de raisin, il reste un tourteau qui contient encore une certaine quantité de matière sucrée, si le pressurage a été fait avant la fermentation, ou de vin si cette opération se fait au sortir des cuves.

Dans les fermes où la fabrication du vin se fait sur une petite échelle, on a l'habitude de conserver les marcs dans de grands trous recouverts de paille et de terre pour les travailler l'hiver. Il se développe dans ce laps de temps des fermentations diverses, et le liquide alcoolique que l'on en retire est doué d'une odeur et d'une saveur particulières qui sont celles de l'*eau-de-vie de marc*. Dans les grandes exploitations, on transporte les marcs dans des citernes; on y ajoute de l'eau de manière à les submerger, on brasse fortement, et l'on recouvre le tout de claies chargées de poids qui font enfoncer le marc de manière à ce qu'il soit recouvert d'une couche liquide; enfin les cuves sont munies d'un couvercle pour empêcher l'action de l'air. C'est ainsi que se font les fermentations des marcs sucrés. Le liquide est plus tard soutiré et distillé, la fermentation ayant duré cinq jours en moyenne, ou bien liquide et marc sont transportés dans des alambics à double fond pour éviter le contact des matières solides et des parties chauffées de l'appareil, ou plutôt dans des appareils chauffés à la vapeur. Les marcs qui proviennent de vins fermentés sur les rafles se distillent de la même manière.

Les eaux-de-vie de marc sont rarement utilisées industriellement à cause de leur goût et de leur odeur particulière et désagréable; elles sont répandues comme

boisson commune. On peut cependant les ajouter dans les cuves en fermentation, en quantité convenable, pour rehausser les vins provenant d'une récolte peu sucrée, cette pratique est un vinage rationnel dans lequel l'eau-de-vie de marc perd ses mauvaises qualités et donne force et couleur au vin qu'elle enrichit.

Alcool de mélasse. — La mélasse, provenant des sucreries de betterave, donne lieu dans nos pays à une grande industrie qui est celle de la fabrication des alcools de mélasse. En effet, la mélasse contient encore environ 50 pour 100 de matière sucrée qui se trouve en présence de matières organiques nombreuses, 24 pour 100, elle contient, en outre, 10 pour 100 de matières salines formées en majeure partie de sels de potasse, seulement sa densité s'élève à 40 degrés Baumé et plus. C'est donc une substance riche en éléments fermentescibles et en matières propres à activer la fermentation, et en effet, lorsque l'on en abaisse la densité, la fermentation se déclare vite, surtout si la mélasse présente une réaction acide. Or, la mélasse de betterave est généralement alcaline, et c'est là d'où provinrent les premières difficultés des opérateurs qui, voyant combien fermentaient vite les mélasses de canne qui sont acides, cherchèrent et trouvèrent le moyen par l'acidification de faire participer de la même propriété les résidus de la fabrication de nos sucres indigènes. On voit donc déjà les principaux éléments de la fabrication de l'alcool de mélasse : acidifier, étendre et provoquer la fermentation.

L'acidification se fait industriellement par l'acide sulfurique, 2 kilog. par hectolitre de mélasse, que l'on étend de 8 à 10 volumes d'eau. On ajoute l'acide sulfurique après que l'on a additionné la mélasse d'une quantité d'eau suffisante. Ici les méthodes diffèrent avec les pays et les lois fiscales. En effet, nous avons vu au début de ces études qu'une liqueur étendue fermentait plus complètement et plus vite qu'une liqueur concentrée. Or, en Allemagne, où l'on impose les distilleries à la capacité des vases, on cherche à provoquer la fermentation dans des moûts pesant jusqu'à 12 degrés Baumé, tandis qu'en France, où l'impôt s'établit sur le produit fabriqué, c'est à 6 ou 8 degrés que l'on opère ; aussi les rendements en France sont-ils plus élevés et les vinasses mieux épuisées qu'en Allemagne. Une conséquence de cette concentration différente des moûts est le degré de température auquel on les maintient dans les deux cas. En effet, les moûts concentrés sont portés à 25 degrés environ, et cette température s'élève à plus de 30 degrés pendant la fermentation, tandis qu'en France on se contente d'une température plus basse ; seulement dans nos pays on emploie des cuves de très-grande dimension jusqu'à 1,[illegible]00 hectolitres, et la température pendant le travail s'élève vite, aussi est-on obligé de la modérer par l'action d'un courant d'eau froide maintenu dans des serpentins intérieurs à la cuve.

La fermentation serait longue à se déclarer si l'on n'employait pas l'auxiliaire de l'addition d'une certaine quantité de levûre de bière ou d'un levain préparé à cet effet ou d'un pied de cuve en fermentation lui-même. C'est la levûre de bière qui est le plus souvent employée, soit par hectolitre de moût, 1 à 2 litres de levûre fraîche liquide, ou 300 gramm. en moyenne de levûre pressée. La fermentation commence après huit ou dix heures et dure soixante à soixante-douze heures, et la densité du moût tombe à 2°,5 B.

100 kilog. environ de mélasse à 42 degrés B. fournissent de 28 à 30 litres d'alcool pur.

Le résidu de la fermentation des mélasses s'appelle vinasse ; c'est une solution acide de sels de potasse et de matières organiques dans l'eau ; en évaporant ces vinasses et les calcinant, on obtient un produit nommé *salin* d'une valeur rela-

tive assez grande qui forme lui-même une industrie parallèle de la distillation. Or, on comprend que dans cette industrie l'évaporation jouant un grand rôle dans les prix de revient, les fabricants de potasse désirent acheter des vinasses aussi concentrées que possible ; de plus, ces vinasses contenant à l'état libre une grande quantité d'acide, les fabricants d'alcool ont tout intérêt à employer ces vinasses elles-mêmes comme matière acide pour saturer les alcalis de la mélasse ; en sorte que ces deux intérêts aidant, les distillateurs ont pris la pratique d'additionner leurs mélasses de vinasse en guise d'eau, récupérant ainsi l'acide non employé, ce qui leur permet de n'employer qu'une demi-dose d'acide sulfurique nouveau, et ce qui donne pour résultat final une nouvelle vinasse beaucoup plus concentrée que celle qui a été obtenue précédemment. De la sorte on peut n'évaporer des appareils distillatoires, pour être livrées au fabricant de potasse, que des vinasses de concentration voulue. On ajoute généralement au moût 5 pour 100 de vinasse, et alors 400 gram. environ d'acide par hectolitre. La mélasse fournit environ 10 pour 100 de salin.

Alcool de betterave. Beaucoup de racines contiennent des matières sucrées fermentescibles, les betteraves, les carottes, les panets, les rutabagas, les panais, etc. Il en est de même de certains fruits tels que les potirons, les melons, pastèques, citrouilles. Toutes ces matières qui seraient plus ou moins impropres à la fabrication du sucre donneront facilement de l'alcool. Jusqu'ici la betterave a seule servi industriellement de source de matière sucrée, et son emploi comme telle fait souvent concurrence aux fabriques de sucre, selon que le prix des alcools est plus ou moins élevé.

Nous ne parlerons pas de la culture et de la composition de la betterave sur lesquelles nous nous sommes étendus assez longuement dans l'article *Sucrerie* de ce recueil. Nous passerons directement à la fabrication.

La conversion du sucre de la betterave en alcool se fait de diverses manières, soit qu'on le fasse fermenter directement dans la racine même déchiquetée par différents procédés, soit qu'on l'extraie de la betterave d'abord à l'état de jus et qu'on traite ensuite ce jus comme tous les moûts sucrés. Dans les deux cas, on a employé plusieurs méthodes dont seules sont restées les suivantes comme donnant les meilleurs résultats :

1° Râpage de la betterave, pression, fermentation du jus ;

2° Découpage de la racine en cossettes, macération à chaud ou à froid à l'eau ou à la vinasse, fermentation du jus ;

3° Fermentation des cossettes en présence du jus.

Ces trois groupes de méthodes peuvent se diviser en plusieurs autres. Nous allons passer en revue celles qui sont restées quelque peu en pratique.

1° *Fermentation du jus obtenu par pression.* Nous avons dit que la distillerie a parfois fait concurrence aux fabriques de sucre, vu le plus grand bénéfice que procuraient les premières usines lorsque l'alcool était à un prix rémunérateur. De là vint parfois l'idée de transformer les sucreries en distilleries. En effet, ces établissements, montés pour l'extraction du jus, offraient les instruments nécessaires pour la production d'une matière première facile à mettre en fermentation sans faire d'autre dépense supplémentaire que l'achat des alambics. Dès lors on conduisait ainsi le travail : la betterave était lavée, râpée, pressée comme en sucrerie (voir cet article) ; mais le jus envoyé dans les bacs à fermentation était sujet à des altérations sans nombre, altérations que l'on combat en sucrerie par l'addition de la chaux qui empêche surtout la fermentation visqueuse si redoutable. Il fallait trouver en distillerie un agent capable d'arrêter comme la chaux cette destruction du jus ; or la chaux, à cause de son alcalinité, était tout à fait défavorable à la fermentation alcoolique, qui est plutôt favori-

haut. Le vase *b* est renfermé dans un vaste bac *m*, mais il y a un large espace entre le fond de *a* et la partie supérieure de *b*; *m* est plein de liquide aussi bien que *b*, en sorte que la cossette qui tombe par le sage dans ce liquide, et y est mise en mouvement continuel, vu que le vase *b* est monté sur un axe central autour duquel il tourne par l'intermédiaire d'une roue dentée *o* et d'une vis sans fin *n*. L'axe qui est fixe porte des palettes *c* immobiles, tandis que le cône est muni des palettes mobiles dont les unes *d* forcent les cossettes à passer de *b* en *a*, et les autres *h* jettent en dehors par l'ouverture *f* les cossettes qui ont remonté dans le vase *a* et se trouvent épuisées, comme nous allons le voir. Les cossettes fraîches tombent en *e* en même temps que du jus faible dont nous allons voir l'origine et qui s'enrichit immédiatement au contact des cossettes et descend avec elles au bas du tube conique. D'un autre côté, un tuyau *g* fait couler de l'eau à 30 ou 35 degrés dans le vase percé de trous *u* qui égalise la chute de cette eau, sur toute la surface du vase *a*. Elle rencontre la cossette presque épuisée qui va s'échapper en *f* dont elle dissout le sucre, et descend en sens contraire de la pulpe qui monte et s'épuise à son contact. Cette eau, qui devient jus faible, arrive en *r r* en face de larges ouvertures grillagées derrière lesquelles un aspirateur *v* opère une succion continue et s'y précipite, puis est renvoyée, par le même appareil qui forme injecteur, dans le réchauffeur *x*, et de là à la partie supérieure des cossettes fraîches par le tube *g*. A la partie inférieure du vase *b*, elle est devenue jus concentré, et, au lieu de suivre le mouvement ascendant de la pulpe, elle s'écoule naturellement par les ouvertures grillagées *r*, s'échappe par le faux fond *l*, le tuyau *m* et la soupape *s*, ce qui fait un équilibre constant des liquides dans le fond du vase *a* entre les ouvertures *r* et *r* et permet la circulation des cossettes en voie d'épuisement.

En distillerie comme en fabrique de sucre, les pulpes et cossettes sont employées pour la nourriture des bestiaux; les cossettes humides doivent donc être égouttées ou pressées au moyen des presses Champonnois décrites en sucrerie.

Procédé Champonnois. — M. Champonnois a appliqué la méthode de la macération en y introduisant tous les perfectionnements et en même temps les simplifications qui pouvaient rendre la distillerie complétement agricole. La modification la plus importante qu'il ait employée consiste à remplacer l'eau chaude de la macération par les vinasses qui sortent de l'appareil à distiller. On obtient de la sorte deux résultats principaux : les vinasses, étant bouillantes, économisent par leur emploi le combustible qu'il eût fallu employer pour chauffer l'eau de diffusion, en même temps que l'eau elle-même de la ferme qui parfois est rare; et, en second lieu, les matières salines et organiques que contient cette vinasse se trouvent fixées sur les cossettes épuisées qui se chargent mécaniquement et par endosmose de tous les principes nutritifs que la macération enlève à la racine, en sorte que les cossettes, avec ce procédé, sortent de la distillerie aussi riches qu'elles y étaient entrées, au sucre près excepté. Cette modification de la diffusion est un des grands progrès de la distillation agricole en France, progrès qui a multiplié dans une énorme proportion le nombre des fermes-distilleries, et a valu à son auteur les plus grandes récompenses et félicitations de tous.

La macération, par ce système, s'opère très-simplement. La betterave lavée tombe dans un coupe-racine ayant la forme de la râpe du même auteur (voir *Sucrerie*), de plus petite dimension et portant, au lieu de lames de scie, six couteaux dentés destinés à couper les racines en lanière de 1 cent. de largeur et 1 millim. 1/2 d'épaisseur. Ces cossettes, en sortant du coupe-racine, sont entraînées par une hélice dans laquelle elles se saturent d'eau acidulée composée de 2 litres d'acide sulfurique à 66 degrés et 200 d'eau pour 1,000 kilog. de betteraves. Cette hélice a pour but non-seulement de répartir sur toutes les surfaces

des cossettes l'eau acidulée et d'éviter par là l'altération des principes saccharins, mais encore de distribuer les cossettes d'une manière régulière dans les macérateurs, en couches uniformes, afin que la vinasse traverse ces couches uniformément aussi et rende la macération complète. Le macérateur a une capacité de 350 litres et est muni d'un double fond percé de trous. On y fait arriver 200 litres de vinasse à 90 ou 100 degrés, et on laisse la macération s'effectuer pendant une heure. On soutire alors le liquide et on le verse sur un deuxième diffuseur, et au bout d'une heure sur un troisième, tandis que sur le premier on a versé deux nouvelles quantités de vinasse. On tire ainsi au bout de trois heures, puis ensuite toutes les heures, 250 litres de jus sucré propre à la fermentation, que l'on introduit directement dans les cuves à fermenter de 2,500 litres, où il doit arriver à la température de 23 ou 25 degrés. La fermentation s'établit avec une charge de 4 kilog. de levure délayée dans 6 ou 8 litres de moût. Au bout de vingt-quatre heures, on coupe la cuve en deux, comme nous l'avons dit plus haut, pour faire avec une seule deux cuves que l'on remplit avec du jus frais. La première cuve achève sa fermentation en quarante-huit heures, est vidée dans un bac rafraîchisseur en maçonnerie placé au-dessous des cuves et distillé douze heures après. Les boues qui se trouvent au fond des cuves ne sont pas mélangées au liquide pour ne pas obstruer les conduits et plateaux des alambics; on les introduit dans les chaudières directement et elles sont évacuées avec les vinasses.

Si l'on rectifie les flegmes, on obtient en moyenne 3,87 d'alcool à 90 pour 100 kilogr. de betteraves.

Au sortir des macérateurs, les pulpes sont jetées dans un magasin où elles sont mélangées à chaud avec de la paille hachée dans le rapport de 5/6 de pulpe et 1/6 de paille.

3° *Fermentation et distillation des cossettes.* — Ce procédé, qui constitue la méthode Le Play, consiste à faire fermenter le sucre dans la cossette même. En effet, lorsque la cossette est mouillée d'un liquide acidulé par l'acide sulfurique, liquide dans lequel elle doit être submergée pour que l'opération se fasse bien, la fermentation du sucre est complète, et l'alcool se substitue au sucre dans la cossette même. L'opération se fait dans de grandes cuves, contenant la plus grande masse possible de matière, vu que dans ce cas la fermentation se conduit plus facilement. Les cuves contiennent en moyenne 36 hectolitres et on y introduit 1,000 kilog. de betteraves; on leur donne parfois des dimensions triples ou quadruples. Les betteraves, coupées en cossettes, sont contenues dans des sacs ou filets très-perméables et introduites ainsi dans la cuve qui contient déjà 20 hectolitres d'eau acidulée avec $0^m,4$ d'acide pour 100 de betteraves. La température du mélange est entretenue à 25 ou 27 degrés au moyen d'un barbotage de vapeur. On laisse macérer quelques heures, et l'on provoque la fermentation en ajoutant de la levûre. Au bout de vingt-quatre heures au plus, l'opération est terminée. On enlève alors les sacs de cossettes, et dans le liquide qui reste dans la cuve, qui est alcoolique et auquel on ajoute un peu d'acide, on remet une nouvelle quantité de cossettes dans d'autres sacs. La fermentation se déclare presque immédiatement sans ajouter de nouvelle levûre et dure moins longtemps que la précédente; on enlève les nouvelles cossettes fermentées, on les remplace par d'autres, et ainsi de suite pendant toute la campagne dans le même pied de cuve, auquel on ajoute chaque semaine 1 kilog. de levûre. A la fin de la campagne, la fermentation est tellement accélérée qu'elle ne dure plus que dix ou douze heures.

Les cossettes chargées d'alcool sont au fur et à mesure introduites par couches dans des cylindres verticaux garnis de cloisons horizontales percées de trous et hermétiquement fermés, dans lesquels on fait arriver un jet de vapeur

haut. Le vase *b* est renfermé dans un vaste bac *n*, mais il y a un large espace entre le fond de *a* et la partie supérieure de *b*; *n* est plein de liquide aussi bien que *b*, en sorte que la cossette qui tombe par ce vase dans ce liquide, et y est mise en mouvement continuel, vu que le vase *b* est monté sur un axe central autour duquel il tourne par l'intermédiaire d'une roue dentée *o* et d'une vis sans fin *n*. L'axe qui est fixe porte des palettes *c* immobiles, tandis que le cône est muni de palettes mobiles dont les unes *d* forcent les cossettes à passer de *b* en *a*, et les autres *h* jettent en dehors par l'ouverture *f* les cossettes qui ont remonté dans le vase *b* et se trouvent épuisées, comme nous allons le voir. Les cossettes fraîches tombent en *e* en même temps que du jus faible dont nous allons voir l'origine et qui s'écrient immédiatement au contact des cossettes et descend avec elles au bas du tube conique. D'un autre côté, un tuyau *g* fait couler de l'eau à 30 ou 35 degrés dans le vase percé de trous *x* qui égalise la chute de cette eau, sur toute la surface du vase *a*. Elle rencontre la cossette presque épuisée qui va s'échapper en *f* dont elle dissout le sucre, et descend en sens contraire de la pulpe qui monte et s'épuise à son contact. Cette eau, qui devient jus faible, arrive en *r r* en face de larges ouvertures grillagées derrière lesquelles un aspirateur *v* opère une succion continue et s'y précipite, puis est renvoyée, par le même appareil qui forme injecteur, dans le réchauffeur *x*, et de là à la partie supérieure des cossettes fraîches par le tube *g*. A la partie inférieure du vase *b*, elle est devenue jus concentré, et, au lieu de suivre le mouvement ascendant de la pulpe, elle s'écoule naturellement par les ouvertures grillagées *r*, s'échappe par le faux fond *l*, le tuyau *m* et la soupape *s*, ce qui fait un équilibre constant des liquides dans le fond du vase *a* entre les ouvertures *r* et *r'* et permet la circulation des cossettes en voie d'épuisement.

En distillerie comme en fabrique de sucre, les pulpes et cossettes sont employées pour la nourriture des bestiaux; les cossettes humides doivent donc être égouttées ou pressées au moyen des presses Champonnois décrites en sucrerie.

Procédé Champonnois. — M. Champonnois a appliqué la méthode de la macération en y introduisant tous les perfectionnements et en même temps les simplifications qui pouvaient rendre la distillerie complétement agricole. La modification la plus importante qu'il ait employée consiste à remplacer l'eau chaude de la macération par les vinasses qui sortent de l'appareil à distiller. On obtient de la sorte deux résultats principaux : les vinasses, étant bouillantes, économisent par leur emploi le combustible qu'il eût fallu employer pour chauffer l'eau de diffusion, en même temps que l'eau elle-même de la ferme qui parfois est rare; et, en second lieu, les matières salines et organiques que contient cette vinasse se trouvent filtrées sur les cossettes épuisées qui se chargent mécaniquement et par endosmose de tous les principes nutritifs que la macération enlève à la racine, en sorte que les cossettes, avec ce procédé, sortent de la distillerie aussi riches qu'elles y étaient entrées, au sucre près excepté. Cette modification de la diffusion est un des grands progrès de la distillation agricole en France, progrès qui a multiplié dans une énorme proportion le nombre des fermes-distilleries, et a valu à son auteur les plus grandes récompenses et félicitations de tous.

La macération, par ce système, s'opère très-simplement. La betterave lavée tombe dans un coupe-racine ayant la forme de la râpe du même auteur (voir *Sucrerie*), de plus petite dimension et portant, au lieu de lames de scie, six couteaux dentés destinés à couper les racines en lanière de 1 cent. de largeur et 1 millim. 1/2 d'épaisseur. Ces cossettes, en sortant du coupe-racine, sont entraînées par une hélice dans laquelle elles se saturent d'eau acidulée composée de 2 litres d'acide sulfurique à 66 degrés et 200 d'eau pour 1,000 kilogr. de betteraves. Cette hélice a pour but non-seulement de répartir sur toutes les surfaces

des cossettes l'eau acidulée et d'éviter par là l'altération des principes saccharins, mais encore de distribuer les cossettes d'une manière régulière dans les macérateurs, en couches uniformes, afin que la vinasse traverse ces couches uniformément aussi et rende la macération complète. Le macérateur a une capacité de 350 litres et est muni d'un double fond percé de trous. On y fait arriver 200 litres de vinasse à 90 ou 100 degrés, et on laisse la macération s'effectuer pendant une heure. On soutire alors le liquide et on le verse sur un deuxième diffuseur, et au bout d'une heure sur un troisième, tandis que sur le premier on a versé deux nouvelles quantités de vinasse. On tire ainsi au bout de trois heures, puis ensuite toutes les heures, 250 litres de jus sucré propre à la fermentation, que l'on introduit directement dans les cuves à fermenter de 2,500 litres, où il doit arriver à la température de 23 ou 25 degrés. La fermentation s'établit avec une charge de ¼ kilog. de levûre délayée dans 6 ou 8 litres de moût. Au bout de vingt-quatre heures, on coupe la cuve en deux, comme nous l'avons dit plus haut, pour faire avec une seule deux cuves que l'on remplit avec du jus frais. La première cuve achève sa fermentation en quarante-huit heures, est vidée dans un bac rafraîchisseur en maçonnerie placé au-dessous des cuves et distillé douze heures après. Les boues qui se trouvent au fond des cuves ne sont pas mélangées au liquide pour ne pas obstruer les conduits et plateaux des alambics; on les introduit dans les chaudières directement et elles sont évacuées avec les vinasses.

Si l'on rectifie les flegmes, on obtient en moyenne 3,87 d'alcool à 90 pour 100 kilogr. de betteraves.

Au sortir des macérateurs, les pulpes sont jetées dans un magasin où elles sont mélangées à chaud avec de la paille hachée dans le rapport de 5/6 de pulpe et 1/6 de paille.

3° *Fermentation et distillation des cossettes.* — Ce procédé, qui constitue la méthode Le Play, consiste à faire fermenter le sucre dans la cossette même. En effet, lorsque la cossette est mouillée d'un liquide acidulé par l'acide sulfurique, liquide dans lequel elle doit être submergée pour que l'opération se fasse bien, la fermentation du sucre est complète, et l'alcool se substitue au sucre dans la cossette même. L'opération se fait dans de grandes cuves, contenant la plus grande masse possible de matière, vu que dans ce cas la fermentation se conduit plus facilement. Les cuves contiennent en moyenne 36 hectolitres et on y introduit 1,000 kilog. de betterave; on leur donne parfois des dimensions triples ou quadruples. Les betteraves, coupées en cossettes, sont contenues dans des sacs en filets très-perméables et introduites ainsi dans la cuve qui contient déjà 20 hectolitres d'eau acidulée avec $0^m,4$ d'acide pour 100 de betterave. La température du mélange est entretenue à 25 ou 27 degrés au moyen d'un barbotage de vapeur. On laisse macérer quelques heures, et l'on provoque la fermentation en ajoutant de la levûre. Au bout de vingt-quatre heures au plus, l'opération est terminée. On enlève alors les sacs de cossettes, et dans le liquide qui reste dans la cuve, qui est alcoolique et auquel on ajoute un peu d'acide, on remet une nouvelle quantité de cossettes dans d'autres sacs. La fermentation se déclare presque immédiatement sans ajouter de nouvelle levûre et dure moins longtemps que la précédente; on enlève les nouvelles cossettes fermentées, on les remplace par d'autres, et ainsi de suite pendant toute la campagne dans le même pied de cuve, auquel on ajoute chaque semaine 1 kilog. de levûre. A la fin de la campagne, la fermentation est tellement accélérée qu'elle ne dure plus que dix ou douze heures.

Les cossettes chargées d'alcool sont au fur et à mesure introduites par couches dans des cylindres verticaux garnis de cloisons horizontales percées de trous et hermétiquement fermés, dans lesquels on fait arriver un jet de vapeur

L'alcool distillé s'échappe par un tuyau placé au sommet du cylindre et se condense dans un serpentin.

Pour un travail de 5,000 kilog. de cossettes, le cylindre a 2 mètres de haut sur 0m,6 de diamètre, contenant 350 à 400 kilog. de cossettes distribuées sur dix diaphragmes perforés. On emploie alors huit cuves à fermentation de 25 hectolitres, recevant 750 kilog. de cossettes, soit quinze charges en vingt-quatre heures à distiller.

A la fin de la campagne, on départit le liquide alcoolique qui forme le pied de cuve dans les charges à distiller, et l'alcool en est obtenu comme dans tout autre alambic. Les flegmes sont distillés au fur et à mesure de la production.

Ce genre de traitement des betteraves rend, selon M. de Play, 1/5 en plus d'alcool que tous les autres procédés, attendu que le sucre y est complétement transformé et qu'il n'y a aucune perte d'alcool dans les résidus. Il n'y a pas de vinasse, et la betterave conserve toutes ses propriétés nutritives. On obtient donc 3,8 à 4,2 pour 100 d'alcool pur.

Alcool de grains. — Nous avons vu que les grains contiennent une substance que nous avons appelée substance amylacée, capable de se transformer, sous l'influence des acides ou de la *diastase*, en sucre fermentescible. Tous les grains ne donnent pas la même quantité de sucre et, par conséquent, d'alcool. C'est ainsi que la saccharification et l'alcoolisation des grains suivants fournissent les rendements en regard :

100 kil. de froment donnent	32 litres d'alcool pur;
seigle.	29
orge.	25
avoine.	22
sarrasin.	25
maïs.	28
riz.	36.

On voit donc quel intérêt on a à bien choisir les matières premières. Aussi les alcools de riz, de froment, de seigle et de maïs sont-ils plus fréquemment préparés que les autres. L'orge et le sarrasin s'ajoutent aux précédents dans certaines proportions; quant à l'avoine, on ne l'emploie que pour ajouter certain arôme aux eaux-de-vie obtenues, vu que chacun de ces grains donnent des liqueurs douées de qualités organoleptiques différentes.

Maltage. — Nous avons dit qu'il y avait deux manières de saccharifier l'amidon, par les acides ou par la diastase. C'est toujours la diastase qui sert dans les fabriques, attendu qu'il est facile de s'en procurer avec les éléments que l'on a entre les mains, puisqu'elle provient de la germination des grains; de plus, parce que le grain germé qu'on ajoute ferment lui-même et ajoute son alcool à celui de la farine, et qu'enfin on a interdit l'emploi de l'acide par un décret du 10 novembre 1857, ce qui a forcé les distillateurs à passer bon gré mal gré de l'autre procédé.

La diastase est un ferment azoté qui se développe dans l'acte de la germination du grain. On appelle *malt* un grain germé et spécialement l'*orge germée*, dans lequel la diastase est développée. Le malt s'emploie donc comme source de diastase pour provoquer la saccharification des matières amylacées.

Le *maltage* de l'orge, ou préparation du malt, entraîne trois opérations successives: la trempe, la germination, le séchage.

La trempe de l'orge s'opère dans des citernes en maçonnerie, munies à leur partie inférieure d'un robinet d'échappement qui permet de soutirer l'eau seule-

brasseries, munies d'un axe central qui entraîne en tournant râteaux et palettes, animées elles-mêmes de mouvements particuliers, de manière à remuer convenablement la masse (voir *Brasserie*).

On se sert encore du *macérateur Lacambre*, fig. 14, qui se compose d'une auge A, de 2 mètres de long, munie d'une double enveloppe B dans laquelle on fait arriver la vapeur ou l'eau froide, suivant que l'on veut chauffer ou refroidir la masse, d'un agitateur monté sur un axe *e* animé d'une vitesse de 26 à 28 tours par minute, et composé de bras, garnis de dents comme autant de râteaux placés en spirale sur l'axe. On introduit dans l'auge l'eau d'abord, puis la farine par petite portion.

Il y a aussi le *macérateur anglais*, fig. 15, composé d'un tuyau en fer de deux ou 3 mètres de long d'un diamètre de 40 centimètres, horizontal, dans le milieu duquel se meut un axe garni de bras, animé d'une vitesse de 200 à 300 tours par minute. La farine et l'eau arrivent en même temps, dans les proportions et à la température voulues par l'extrémité *f* du tube, et tombent parfaitement mélangées par l'autre extrémité dans la cuve à macération B.

Macération. — La macération est l'opération qui consiste à saccharifier par le malt la matière amylacée du grain, en portant la température du mélange précédent à 60 ou 70 degrés, ce qu'on obtient en lui ajoutant deux fois et demie son volume d'eau bouillante, total 3 1/2 d'eau pour 1 de farine. Cette opération se fait avec précaution en brassant fortement au fourquet ou mécaniquement dans les cuves-matières. Nous allons voir comment se fait cette saccharification dans les différents procédés, mais en tous cas la température de la masse pâteuse ne doit jamais descendre au-dessous de 60 degrés, car au-dessous de cette température l'acidification se déclare.

La macération dure généralement deux heures. On s'assure qu'elle est terminée au moyen de la solution d'iode qui bleuit le moût, s'il reste de l'amidon non saccharifié. Au lieu de chauffer la masse par addition de l'eau bouillante, on peut employer un barbotage de vapeur ; et, comme il faut moins de vapeur que d'eau pour élever le liquide à la même température vu la perte de chaleur latente qu'éprouve la vapeur en se condensant, — ce qui porte à 1 kilogr. de vapeur l'équivalent de 15 parties d'eau bouillante, — on pourra saccharifier des masses plus épaisses, ce qui permettra un mouillage plus étendu pour obtenir un refroidissement plus facile. L'emploi de la vapeur est donc fort recommandable, en prenant les précautions nécessaires pour qu'elle ne brûle pas le malt au moment de sa condensation.

Refroidissement. — Le moût devenu propre à la fermentation doit être refroidi pour être porté à la température moyenne de 20 degrés, température convenable à cette opération et que l'on doit élever ou abaisser de quelques degrés suivant qu'on opère en hiver ou en été. Dans les petites usines où l'on traite de petites masses de farine à la fois, le refroidissement est assez rapide soit qu'il se fasse par le contact de corps froids, ou par l'évaporation spontanée à la surface du moût, aidée de la déperdition calorifique due aux parois du bac qui le contient, et terminée par l'addition de l'eau nécessaire à la dissolution de la masse. Dans le cas, au contraire, où l'on met en œuvre de grandes masses à la fois, le refroidissement est lent et demande une manipulation pénible que l'on tâche d'activer au moyen de machines. Or la quantité d'eau froide que l'on doit ajouter au moût épais pour lui donner la fluidité nécessaire à la fermentation n'est pas suffisante pour abaisser d'un seul coup la température au degré voulu. On doit donc avoir recours à d'autres procédés. Il est à remarquer que, pour refroidir un liquide, deux manières se présentent naturellement : le contact de corps froids et l'évaporation. La seconde est beaucoup plus puissante que la première, car l'eau enlève une quantité considérable de chaleur pour passer de l'état

liquide à l'état gazeux, sans que pour cela cette vapeur soit à une température plus élevée que celle de l'eau dont elle provient. Ce calorique absorbé par la vapeur s'appelle la *chaleur latente* de vaporisation. C'est donc là que se trouve le meilleur procédé de refroidissement des moûts, et en le combinant avec l'action du contact de parois métalliques refroidies, on obtiendra un effet plus rapide. Pour obtenir une vaporisation active au-dessus d'un liquide, on devra l'étendre sur la plus grande surface possible, et provoquer un courant d'air violent sur cette surface. On y arrive soit en faisant couler le moût dans de grands bacs plats disposés dans une pièce bien aérée, les bacs étant en tôle avec circulation d'air par en-dessous, soit en faisant tourner au-dessus de pareils bacs des palettes qui chassent l'air et les vapeurs produites, tout en remuant la masse avec un râteau mécanique comme l'indique la fig. 11, pl. I : A, bac de tôle contenant le moût; B, supports permettant la circulation d'air sous le bac; C, axe acti[illegible]nt les râteaux F; D, axe concentrique activant avec une vitesse différente les pal[illegible]es G, faisant fonction de ventilateur. Il existe de nombreuses formes d'appa[illegible]s destinés à refroidir les moûts par contact; ce sont des tuyaux autour des[illegible] circule un courant d'eau froide, ou bien exposés à une pluie fine combi[illegible] avec un courant d'air, en sorte que l'eau, s'échauffant et se vaporisant sur [illegible] tuyaux qui contiennent le moût, le refroidissent d'autant. Tous ces procéd[illegible] sont employés dans la brasserie, à la description de laquelle nous renvoyons.

Quand le moût est suffisamment refroidi, on le rafraîchit encore en ajou[illegible]tant l'eau de dilution dans les cuves-matières où le moût épais est intimement mélangé, et l'on procède à la fermentation.

La *fermentation* n'offre pas plus de difficulté que pour tout autre liquide sucré.

Après ces quelques données générales, nous allons passer en revue les différents modes de travail usités, en commençant par les plus anciens.

Méthode de Mathieu de Dombasle. — Nous prendrons comme exemple un travail de 100 kilogr. de farine, soit 80 kilogr. de seigle et 20 kilogr. d'orge maltée. Le cuvier de fermentation aura 6 à 7 hectolitres de capacité utile, et le cuvier de macération 3 à 4 hectolitres.

Dans la cuve à macération, on pétrit la farine avec de l'eau à 50 degrés jusqu'à ce que la pâte ait une température de 32 degrés environ. On couvre le cuvier une demi-heure. Puis on ajoute de l'eau bouillante en agitant, jusqu'à ce que la masse marque 62 degrés. On couvre la cuve et on lui laisse deux heures de repos, et même plus si la masse est plus considérable. Alors on agite pour refroidir, puis on transvase dans le cuvier de fermentation, on ajoute de l'eau froide, et la masse doit avoir de 20 à 25 degrés de température. On ajoute alors le levain, et la fermentation dure trois jours.

Méthode Dubrunfaut. — Pour le même mélange, 80 kilogr. de farine de sei[illegible]gle et 20 kilogr. d'orge maltée, on emploie une cuve de 12 hectolitres. On met la farine avec 2 ou 3 kilogr. de *courte paille*. On appelle ainsi la balle [illegible] froment qui contient une petite quantité de ferment. On trempe avec 3 he[illegible] litres d'eau à 45 degrés et on fait macérer avec 4 hectolitres d'eau bouillante[illegible] masse est à la température de 60 à 68 degrés. On laisse trois ou quatre he[illegible]s de repos, puis on finit d'emplir la cuve jusqu'à 6 ou 8 pouces du bord av[illegible] l'eau tiède. Le liquide est à 25 degrés. On ajoute 1 litre de bonne levû[illegible] bière liquide et la fermentation dure trente heures. Le rendement est de 45 [illegible] litres d'eau-de-vie à 50 pour 1000.

Méthode anglaise (ancienne). — On emploie une cuve à double fond perforé, sur lequel on étale 10 kilogr. de courte paille, formant une épaisseur de 2 centimètres. On étale dessus 200 kilogr. de grains concassés finement, composés du grain que l'on traite, de malt et de seigle cru. Sous le faux fond on injecte alors

400 litres d'eau à 45 ou 50 degrés, et l'on brasse énergiquement pendant huit ou dix minutes, puis on laisse reposer pendant un quart d'heure ou une demi-heure ; c'est ce qui constitue la trempe. On fait arriver alors de la même manière 800 litres d'eau bouillante, on brasse un quart d'heure et on laisse reposer une heure. Le grain tombe au fond, le liquide clair surnage. On soutire ce liquide au moyen d'un robinet placé sous le faux fond, et on l'envoie à la fermentation. Le grain qui est resté dans la cuve est alors lavé avec 600 litres d'eau bouillante, brassé un quart d'heure, repos d'une heure, soutirage du liquide clair qui est joint au premier. Les deux liquides réunis, refroidis à 20 ou 30 degrés, sont mis en levain.

Cette méthode est très-bonne, l'alcool qu'elle produit est de bonne qualité, mais elle nécessite un peu plus de main d'œuvre et de matériel. Les Allemands l'emploient souvent, mais ils n'opèrent que sur des grains germés.

Méthode anglaise (nouvelle). On emploie 80 kilogr. d'orge d'hiver crue, mélangée à 10 kilog. de malt pâle, et 10 kilogr. d'avoine à l'état de farine. On les mélange à 600 kilogr. d'eau en les brassant fortement dans une cuve mécanique (Mash-tun). Cette quantité d'eau doit être suffisante pour que le moût fermenté contienne 6 pour 100 d'alcool. On soutire comme précédemment le liquide éclairci par le repos, on le refroidit par les moyens mécaniques que nous citions précédemment et surtout au moyen de tubes entourés d'eau, parce que l'eau tiède qui en résulte est employée à la saccharification. Le moût à 18 ou 22 degrés est mis en fermentation dans de grandes cuves de 180 à 200,000 litres avec 2,8 ou 3 kilogr. de levure sèche par 100 kilogr. de farine, et délayée préalablement. La fermentation dure 4 ou 5 jours. Le rendement est de 28 litres d'alcool par 100 kilogr. de farine.

Méthode belge de Lacambre. — En Belgique, l'impôt étant prélevé d'après la capacité des cuves, le travail est défectueux ; mais la loi, voulant éviter les opérations trop écourtées, oblige de mettre vingt-quatre heures au moins pour opérer la macération et la fermentation. L'orge est assez fortement germée ; on emploie 24 à 30 de malt pour 76 ou 70 de seigle, et parfois on ajoute 8 à 12 pour 100 d'avoine, le tout en farine. On verse d'un seul coup dans une cuve à macération 11 à 14 kilogr. de farine par hectolitre de capacité, les cuves ayant de 10 à 30 hectolitres, contenant déjà pour 10 hectolitres 30 à 36 litres d'eau froide, auxquels on ajoute 270 litres d'eau bouillante. On brasse au fourquet pendant 20 à 25 minutes. On ajoute alors par 10 hectolitres un demi-hectolitre d'eau bouillante en brassant fortement. On couvre et on laisse reposer une heure. Nouveau brassage de quelques minutes, repos d'une demi-heure ou trois quarts d'heure. Nouveau brassage, en ajoutant de l'eau froide ou de la vinasse claire refroidie jusqu'à ce que le mélange soit à 27 ou 32 degrés, suivant la saison. La cuve ne laisse alors que 1/18 ou 1/20 de vide. On ajoute alors 160 ou 200 grammes de levure en pâte préalablement délayée par hectolitre de capacité, et la fermentation commence. Elle est tumultueuse et se modère de temps en temps soit en découvrant la cuve, ce qui est mauvais à cause de l'acidité que la mousse prend toujours en ce cas, soit, ce qui est préférable, au moyen du refroidissement obtenu par une circulation d'eau froide dans un serpentin ou une double enveloppe. Aussitôt que la fermentation touche à sa fin, on décharge la cuve dans une autre cuve de réunion, et l'on procède à la *bouillée* ou distillation.

Alcool de pomme de terre (*solanum tuberosum*). — La pomme de terre est très-riche en fécule, elle en contient de 16 à 20 et même 24 pour 100. Mais la pomme de terre ne porte pas en elle, comme le grain, les éléments suffisants pour se saccharifier elle-même, en sorte que l'on doit employer, pour transfor-

liquide à l'état gazeux, sans que pour cela cette vapeur soit à une température plus élevée que celle de l'eau dont elle provient. Ce calorique absorbé par la vapeur s'appelle la *chaleur latente* de vaporisation. C'est donc là que se trouve le meilleur procédé de refroidissement des moûts, et en le combinant avec l'action du contact de parois métalliques refroidies, on obtiendra un effet plus rapide. Pour obtenir une vaporisation active au-dessus d'un liquide, on devra l'étendre sur la plus grande surface possible, et provoquer un courant d'air violent sur cette surface. On y arrive soit en faisant couler le moût dans de grands bacs plats disposés dans une pièce bien aérée, les bacs étant en tôle avec circulation d'air par en-dessous, soit en faisant tourner au-dessus de pareils bacs des palettes qui chassent l'air et les vapeurs produites, tout en remuant la masse avec un râteau mécanique comme l'indique la fig. 11, pl. I : A, bac de tôle contenant le moût; B, supports permettant la circulation d'air sous le bac; C, axe activant les râteaux F; D, axe concentrique activant avec une vitesse différente les palettes G, faisant fonction de ventilateur. Il existe de nombreuses formes d'appareils destinés à refroidir les moûts par contact; ce sont des tuyaux autour desquels circule un courant d'eau froide, ou bien exposés à une pluie fine combinée avec un courant d'air, en sorte que l'eau, s'échauffant et se vaporisant sur les tuyaux qui contiennent le moût, les refroidissent d'autant. Tous ces procédés sont employés dans la brasserie, à la description de laquelle nous renvoyons.

Quand le moût est suffisamment refroidi, on le rafraîchit encore en ajoutant l'eau de dilution dans les cuves-matières où le moût épais est intimement mélangé, et l'on procède à la fermentation.

La *fermentation* n'offre pas plus de difficulté que pour tout autre liquide sucré.

Après ces quelques données générales, nous allons passer en revue les différents modes de travail usités, en commençant par les plus anciens.

Méthode de Mathieu de Dombasle. — Nous prendrons comme exemple un travail de 100 kilogr. de farine, soit 80 kilogr. de seigle et 20 kilogr. d'orge maltée. Le cuvier de fermentation aura 6 à 7 hectolitres de capacité utile, et le cuvier de macération 3 à 4 hectolitres.

Dans la cuve à macération, on pétrit la farine avec de l'eau à 50 degrés jusqu'à ce que la pâte ait une température de 32 degrés environ. On couvre le cuvier une demi-heure. Puis on ajoute de l'eau bouillante en agitant, jusqu'à ce que la masse marque 62 degrés. On couvre la cuve et on lui laisse deux heures de repos, et même plus si la masse est plus considérable. Alors on agite pour refroidir, puis on transvase dans le cuvier de fermentation, on ajoute de l'eau froide, et la masse doit avoir de 20 à 25 degrés de température. On ajoute alors le levain, et la fermentation dure trois jours.

Méthode Dubrunfaut. — Pour le même mélange, 80 kilogr. de farine de seigle et 20 kilogr. d'orge maltée, on emploie une cuve de 12 hectolitres. On y met la farine avec 2 ou 3 kilogr. de *courte paille*. On appelle ainsi la balle du froment qui contient une petite quantité de ferment. On trempe avec 2 hectolitres d'eau à 45 degrés et on fait macérer avec 4 hectolitres d'eau bouillante. La masse est à la température de 60 à 68 degrés. On laisse trois ou quatre heures de repos, puis on finit d'emplir la cuve jusqu'à 6 ou 8 pouces du bord avec de l'eau tiède. Le liquide est à 25 degrés. On ajoute 1 litre de bonne levûre de bière liquide et la fermentation dure trente heures. Le rendement est de 45 à 50 litres d'eau-de-vie à 50 pour 1000.

Méthode anglaise (ancienne). — On emploie une cuve à double fond perforé, sur lequel on étale 10 kilogr. de courte paille, formant une épaisseur de 2 centimètres. On étale dessus 200 kilogr. de grains concassés finement, composés du grain que l'on traite, de malt et de seigle cru. Sous le faux fond on injecte alors

400 litres d'eau à 45 ou 50 degrés, et l'on brasse énergiquement pendant huit ou dix minutes, puis on laisse reposer pendant un quart d'heure ou une demi-heure ; c'est ce qui constitue la trempe. On fait arriver alors de la même manière 800 litres d'eau bouillante, on brasse un quart d'heure et on laisse reposer une heure. Le grain tombe au fond, le liquide clair surnage. On soutire ce liquide au moyen d'un robinet placé sous le faux fond, et on l'envoie à la fermentation. Le grain qui est resté dans la cuve est alors lavé avec 600 litres d'eau bouillante, brassé un quart d'heure, repos d'une heure, soutirage du liquide clair qui est joint au premier. Les deux liquides réunis, refroidis à 20 ou 30 degrés, sont mis en levain.

Cette méthode est très-bonne, l'alcool qu'elle produit est de bonne qualité, mais elle nécessite un peu plus de main-d'œuvre et de matériel. Les Allemands l'emploient souvent, mais ils n'opèrent que sur des grains germés.

Méthode anglaise (nouvelle). On emploie 80 kilogr. d'orge d'hiver crue, mélangée à 10 kilog. de malt pâle, et 10 kilogr. d'avoine à l'état de farine. On les mélange à 600 kilogr. d'eau en les brassant fortement dans une cuve mécanique (Mashetun). Cette quantité d'eau doit être suffisante pour que le moût fermenté contienne 6 pour 100 d'alcool. On soutire comme précédemment le liquide éclairci par le repos, on le refroidit par les moyens mécaniques que nous citions précédemment et surtout au moyen de tubes entourés d'eau, parce que l'eau tiède qui en résulte est employée à la saccharification. Le moût à 18 ou 22 degrés est mis en fermentation dans de grandes cuves de 180 à 200,000 litres avec 2,8 ou 3 kilogr. de levure sèche par 100 kilogr. de farine, et délayée préalablement. La fermentation dure 4 ou 5 jours. Le rendement est de 28 litres d'alcool par 100 kilogr. de farine.

Méthode belge de Lacambre. — En Belgique, l'impôt étant prélevé d'après la capacité des cuves, le travail est défectueux, mais la loi, voulant éviter les opérations trop écourtées, oblige de mettre vingt-quatre heures au moins pour opérer la macération et la fermentation. L'orge est assez fortement germée ; on emploie 24 à 30 de malt pour 76 ou 70 de seigle, et parfois on ajoute 8 à 12 pour 100 d'avoine, le tout en farine. On verse d'un seul coup dans une cuve à macération 11 à 14 kilogr. de farine par hectolitre de capacité, les cuves ayant de 10 à 30 hectolitres, contenant déjà pour 10 hectolitres 80 à 86 litres d'eau froide, auxquels on ajoute 270 litres d'eau bouillante. On brasse au fourquet pendant 20 à 25 minutes. On ajoute alors par 10 hectolitres un demi-hectolitre d'eau bouillante en brassant fortement. On couvre et on laisse reposer une heure. Nouveau brassage de quelques minutes, repos d'une demi-heure ou trois quarts d'heure. Nouveau brassage, en ajoutant de l'eau froide ou de la vinasse claire refroidie jusqu'à ce que le mélange soit à 27 ou 32 degrés, suivant la saison. La chaudière ne laisse alors que 1/18 ou 1/20 de vide. On ajoute alors 160 ou 200 grammes de levure en pâte préalablement délayée par hectolitre de capacité, et la fermentation commence. Elle est tumultueuse et se modère de temps en temps soit en découvrant la cuve, ce qui est mauvais à cause de l'acidité que la masse prend toujours en ce cas, soit, ce qui est préférable, au moyen du refroidissement obtenu par une circulation d'eau froide dans un serpentin ou une double enveloppe. Aussitôt que la fermentation touche à sa fin, on décharge la cuve dans une autre cuve de réunion, et l'on procède à la *bouillée* ou distillation.

Alcool de pomme de terre (*solanum tuberosum*). — La pomme de terre est très-riche en fécule, elle en contient de 16 à 20 et même 24 pour 100. Mais la pomme de terre ne porte pas en elle, comme le grain, les éléments suffisants pour se saccharifier elle-même, en sorte que l'on doit employer, pour transfor-

mer la fécule en glucose, l'action des acides ou bien celle du malt. A cela près, la théorie de la sacchariſication est identique avec celle des grains, et nous allons passer de suite à l'étude des divers procédés en usage dans l'alcoolisation des tubercules en général.

On rencontre trois méthodes principales dans le traitement de la pomme de terre : on cuit la pomme de terre et on l'écrase de manière à en faire une bouillie que l'on traite ensuite facilement, ou bien on la râpe pour arriver au même résultat, enfin on en extrait la fécule dans les féculeries, et on la sacharifie.

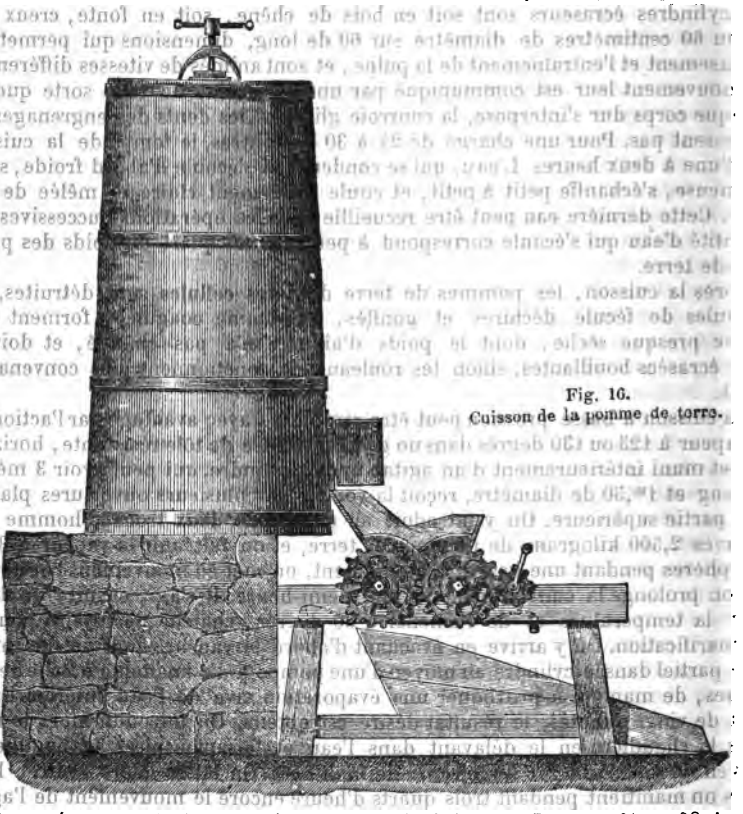


Fig. 16.
Cuisson de la pomme de terre.

Cuisson. — C'est Mathieu de Dombasle qui a imaginé la méthode par la cuisson. Elle se fait toujours à la vapeur. A cet effet, Mathieu de Dombasle plaçait verticalement sur une chaudière pleine d'eau un tonneau de même diamètre, dont le fond inférieur était percé d'un grand nombre de trous et qui était rempli de pommes de terre, et fermé à la partie supérieure. On chauffait l'eau dont la vapeur traversait le tonneau et opérait la cuisson des tubercules. La pomme de terre, en sortant du tonneau, était écrasée et réduite en bouillie. Aujourd'hui on a rendu l'opération plus industrielle en réduisant la main-d'œuvre. La pomme de terre, épierrée et lavée dans des appareils analogues à ceux que l'on emploie en sucrerie, mais de petites dimensions, est introduite par une ouverture supérieure dans un tonneau vertical de forme spéciale (fig. 16) et munie inférieurement d'un double fond perforé placé au niveau du bas d'un

trou d'homme latéral et carré hermétiquement clos, comme l'ouverture d'introduction. Ce tonneau est solidement cerclé de fer. Sous le faux fond débouche un tuyau de vapeur provenant d'un générateur, et sous le fond un tuyau d'évacuation de l'eau de condensation. Une petite ouverture latérale que l'on bouche pendant l'opération permet d'introduire une tige de fer pour s'assurer de l'état de cuisson de la pomme de terre. Le trou d'homme latéral sert à l'évacuation des tubercules et s'ouvre au-dessus de la trémie d'un écraseur composé de deux cylindres mus par un engrenage. Tout le système est placé à une hauteur suffisante pour que la pomme de terre écrasée tombe dans la cuve-matières. Les cylindres écraseurs sont soit en bois de chêne, soit en fonte, creux, de 50 ou 60 centimètres de diamètre sur 60 de long, dimensions qui permettent l'écrasement et l'entraînement de la pulpe, et sont animés de vitesses différentes. Le mouvement leur est communiqué par une courroie, de telle sorte que, si quelque corps dur s'interpose, la courroie glisse et les dents des engrenages ne se cassent pas. Pour une charge de 24 à 30 hectolitres, le temps de la cuisson est d'une à deux heures. L'eau, qui se condense et s'écoule d'abord froide, sale, écumeuse, s'échauffe petit à petit, et coule finalement claire et mêlée de vapeur. Cette dernière eau peut être recueillie pour les opérations successives. La quantité d'eau qui s'écoule correspond à peu près au quart du poids des pommes de terre.

Après la cuisson, les pommes de terre dont les cellules sont détruites, les granules de fécule déchirés et gonflés, l'albumine coagulée, forment une masse presque sèche, dont le poids d'ailleurs n'a pas changé, et doivent être écrasées bouillantes, sinon les rouleaux ne fonctionnent plus convenablement.

La cuisson à basse pression peut être remplacée avec avantage par l'action de la vapeur à 125 ou 130 degrés dans un grand cylindre de tôle résistante, horizontal, et muni intérieurement d'un agitateur. Ce cylindre, qui peut avoir 3 mètres de long et 1m,50 de diamètre, reçoit la vapeur par plusieurs ouvertures placées à la partie supérieure. On y introduit au moyen de deux trous d'homme autoclaves 2,500 kilogram. de pommes de terre, et on fait agir la vapeur à 3 atmosphères pendant une heure; à ce moment, on met en mouvement l'agitateur et l'on prolonge la cuisson pendant une demi-heure. Il s'agit ensuite de diminuer la température et de l'amener à 60 degrés, chaleur nécessaire pour la saccharification. On y arrive en évacuant d'abord la vapeur, puis en faisant un vide partiel dans le cylindre au moyen d'une pompe à air analogue à celle des sucreries, de manière à provoquer une évaporation vive de l'eau intérieure; au bout de vingt minutes, le résultat désiré est obtenu. On introduit alors le malt dans la chaudière en le délayant dans l'eau et faisant aspirer la bouillie au moyen du vide, soit 175 kilogram. de malt vert. On laisse alors rentrer l'air, mais on maintient pendant trois quarts d'heure encore le mouvement de l'agitateur à 80 ou 90 tours. Bientôt il devient moins dur à entraîner, car le moût se liquéfie dans le cylindre sous l'influence du malt, et la saccharification est bientôt terminée. On voit combien est facile l'ensemble des opérations au moyen de ce nouveau procédé qui économise 10 pour 100, et même plus, de matière sur l'ancienne cuisson, et donne un rendement en alcool presque théorique. On a donc tout intérêt dans la grande industrie à l'employer, malgré le coût de l'appareil.

Lorsqu'on ne fait pas usage de ce procédé perfectionné, la pomme de terre cuite et écrasée est mélangée dans la cuve-matières avec 7 pour 100 en poids de malt, soit pour 1,000 kilogr. de tubercule 70 kilogr. de malt, dans une cuve de 35 à 40 hectol., et avec de l'eau chaude, de manière que la température du mélange soit de 36 à 42 degrés. On brasse, on laisse reposer une demi-heure. On

ajoute de l'eau bouillante pour opérer la saccharification au-dessus de 60 degrés, macération de trois ou quatre heures; puis on ajoute 32 ou 35 hectol. d'eau tiède, la température descend à 25 degrés. On ajoute 2 kilogr. de levûre délayée; et, lorsque la fermentation est achevée, on distille dans les appareils propres aux masses pâteuses. On obtient ainsi 74 litres d'alcool absolu, tandis que dans le cylindre sous pression on a un rendement de 91 pour 100.

L'alcool obtenu par ce procédé est de mauvaise odeur, ne marque que 46 degrés et demande une rectification soignée.

Procédé par râpage. — Les pommes de terre, après avoir été lavées comme précédemment, sont jetées dans une râpe analogue à celles de la sucrerie. Les râpes Champonnois sont d'un très-bon office pour ce genre de travail. Si l'on traite 1,000 kilogr. de tubercule à la fois, on se sert pour la macération d'une cuve de 22 à 25 hectol. à double fond perforé, sur lequel on a étalé une couche de courte paille. On charge la cuve de 1,000 kilogr. de pommes de terre, que l'on abandonne au repos en cet état pendant une demi-heure, afin d'évacuer l'eau de végétation que l'on écoule par le fond. Ensuite, on ajoute dans la cuve 1,000 à 1,200 litres d'eau bouillante, puis 70 kilogr. de malt trempé. On brasse et laisse macérer le tout trois ou quatre heures.

Quand cette opération est faite, on soutire le liquide et on l'envoie dans la cuve à fermentation; on laisse égoutter dix ou quinze minutes la pulpe, on réunit cet égouttage au premier liquide, puis on verse 500 litres d'eau bouillante sur cette pulpe que l'on brasse fortement. Au bout d'un certain temps de repos, on soutire, on égoutte, on lave de nouveau la pulpe avec 500 litres d'eau froide avec brassage, puis on soutire et on égoutte de nouveau, et tous ces liquides sont réunis au premier dans la cuve à fermentation qui se trouve à la température convenable pour recevoir 2 kilogr. de levûre et être mis à fermenter. On ne distille donc par ce procédé que des substances liquides, mais l'alcool qu'on retire possède un goût presque aussi désagréable que par le premier procédé.

Traitement de la fécule. — Le seul moyen d'obtenir de l'alcool bon goût au moyen de la pomme de terre est d'en extraire d'abord la fécule (voir art. *Féculerie*) et de la traiter séparément.

La saccharification de la fécule s'opérait autrefois par l'acide sulfurique, soit, pour 3,000 kilogr. de fécule, 40 kilogr. d'acide sulfurique mélangés avec 6,000 litres d'eau dans une cuve de 125 hectol. La fécule était délayée séparément par 100 kilogr. dans 100 litres d'eau et versée par 15 ou 20 litres à la fois dans la cuve. On chauffait avec de la vapeur à 2 ou 3 atmosphères par barbotage. La fécule, maintenue à 100 degrés, se changeait en empois, puis en dextrine, puis en glucose. On saturait alors l'acide avec du blanc d'Espagne, 45 ou 50 kilogr. réduits en bouillie, on laissait déposer douze heures et on soutirait à clair. 100 de fécule devraient donner 110 de glucose, mais on n'obtient guère en fabrique que 100 de glucose ou 150 de sirop à 30 degrés.

Au lieu d'opérer ainsi, on préfère saccharifier la fécule par la diastase. Dans une cuve de 80 hectol., on mélange 1,000 litres d'eau froide, 500 kilogr. de fécule sèche (ou 750 de fécule humide), on brasse, et on ajoute 1,700 litres d'eau bouillante. Dans ces conditions, on obtient un empois très transparent. On ajoute 75 à 80 kilogr. de malt en farine, on brasse énergiquement pendant dix minutes et on laisse reposer trois ou quatre heures, pendant lesquelles la saccharification s'opère.

Quel que soit le procédé que l'on emploie, lorsque l'on a obtenu la solution glucosique que l'on abaisse à 6 ou 7 degrés Baumé à la température de 22 ou 24 degrés centigrades, on ajoute 500 gram. de levûre sèche ou 1 litre de levûre fraîche par 1,000 litres de moût, la fermentation s'opère et s'achève en trente-six heures. On laisse reposer vingt-quatre heures et l'on distille.

100 kilogr. de fécule donnent 35 à 40 litres d'alcool pur, 40 à 45 litres d'alcool à 90 degrés.

Alcool divers. — Nous venons de passer en revue les principales sources d'alcool. Ce sont : les matières végétales qui contiennent du sucre, betteraves, cannes à sucre, carottes, navets, etc. ; potirons, melons, etc. ; celles qui contiennent du glucose, tiges de maïs et de millet, fruits, érable, noyer, acacia et autres arbres, chiendent, réglisse, etc.

Les matières féculentes, pommes de terre, grains, riz, haricots, fèves, lentilles, châtaignes, marrons d'Inde, glands, igname, lichens, dahlias, garance, etc.

Le topinambour contient à la fois du sucre et de la matière féculente.

On emploie aussi les mélasses comme sources de sucre et de glucose, les sucres de bas jet pourraient être aussi mis en fermentation dans certains cas.

Mais, si nous avons décrit l'emploi de ces matières premières séparément, on peut aussi parfaitement et avec avantage les mettre en œuvre ensemble, et, dans toute espèce de proportion, on mélange selon la situation de l'industrie. C'est ainsi que l'on dilue avec avantage les mélasses, les pommes de terre et les grains avec du jus de betterave, la pomme de terre, le maïs avec des mélasses et du jus de betterave, ce qui donne lieu à des applications parfois plus commodes des uns ou des autres produits alcoolisables, et procure aussi dans certains cas le rendement maximum des composants en alcool, attendu que, si tel élément manque de la force nécessaire pour entretenir et mener à point la fermentation, l'autre auquel il aura été mélangé lui fournira ce qui lui manque, et même pourra par cet effet être devenu plus propre à recevoir une fermentation complète. De grands industriels se livrent journellement à ces sortes de mélanges et en tirent bon profit. Nous ne faisons que signaler ces faits, ne pouvant pas nous étendre ici indéfiniment sur ces détails, quelle que soit leur grande importance.

RECTIFICATION.

Les alcools obtenus par la distillation des moûts de mélasse, de betterave, de pomme de terre, de maïs, etc., possèdent une odeur et un goût répugnants. Ces défauts proviennent de la présence de matières étrangères qui sont mélangées à l'alcool en différentes proportions, et dans lesquelles elles sont solubles. Ces matières connues sous le nom général d'*essences* ou d'*éther*, qui ne sont souvent ni l'un ni l'autre dans la nomenclature chimique, peuvent être divisées en trois classes, suivant qu'elles sont plus volatiles, moins ou autant que l'alcool. La plus grande partie de ces *essences* est peu volatile ; mais il en est très-peu dont le point d'ébullition soit assez près de celui de l'alcool pour se confondre avec lui. Il semble donc qu'en fractionnant la distillation on arriverait à une épuration complète. Malheureusement, que ce soit dans l'industrie, que ce soit dans le laboratoire, le fractionnement pour séparer complétement les matières volatiles est le plus pitoyable des moyens, car, en se vaporisant, toutes les substances ont la propriété d'entraîner avec elles une certaine quantité de vapeur des liquides avec lesquels elles sont mélangées. Cependant le fractionnement dans un bon appareil analyseur donne des résultats très-sensibles, et généralement suffisants pour que l'alcool obtenu, sauf avec certains liquides rebelles, soit réputé *bon goût*.

On rencontre dans les esprits de grain et de pomme de terre surtout de l'éther œnanthique, des huiles, de la solanine, de l'acide prussique, etc., dans

les alcools de betterave et de mélasse, de l'aldéhyde, de l'alcool amylique, des huiles essentielles, des acides tartrique, acétique, malique, lactique, de l'empyreume, etc.

Les substances les plus nécessaires et les plus faciles à retirer sont :

L'*alcool amylique* $C^{10}H^{12}O^2$, qui bout à 132 degrés, dont la densité est égale à 0,818 et la densité de vapeur à 3,15;

L'*éther œnanthique* $C^{18}H^{16}O$; $C^{14}H^{16}O^2$, densité = 0,862, bout à 230 degrés; densité de vapeur = 4,048;

L'*acide œnanthique* $C^{14}H^{13}O^3$, HO, qui bout à 300 degrés.

Ces substances, étant moins volatiles que l'alcool, restent dans les derniers produits qui distillent.

L'*aldéhyde* $C^4H^4O^2$, densité 0,80, bout à 21 degrés et passe avant l'alcool avec d'autres substances éthérées.

Il est un premier moyen d'éliminer une certaine partie des matières odorantes, c'est de mélanger de moitié d'eau l'alcool à distiller. En effet, de la sorte, une partie des huiles essentielles qui ne sont solubles que dans l'alcool concentré se précipitent, rendent laiteux le liquide, et par le repos surnagent et peuvent être enlevées.

Le second procédé, c'est la distillation fractionnée. Nous allons voir comment on dirige cette opération pour séparer les uns et les autres produits.

Enfin on a cherché maints réactifs pour obtenir chimiquement l'élimination des substances gênantes. Nous dirons de suite que deux moyens seuls peuvent être mis en pratique.

Lorsque l'on a affaire à un alcool acide, on peut saturer cet acide par la chaux vive que l'on délaie au préalable, et que l'on verse dans l'alcool, dans la proportion de 50 gram. à l'hectolitre environ, c'est-à-dire de telle sorte que le papier de tournesol ne rougisse ni ne bleuisse. On a essayé la potasse pour arriver au même résultat, mais la difficulté est grande, et MM. Bequet, Champonnois, Call et C^ie^ ne sont arrivés à rendre ce procédé praticable qu'en faisant agir la potasse dans la colonne distillatoire sur les plateaux du bas, c'est-à-dire sur des liquides peu alcooliques, en arrosant d'eau les plateaux placés un peu au-dessus des premières.

Le second procédé, employé assez généralement, surtout en Allemagne, consiste à faire passer l'alcool faible et froid sur des filtres de charbon de bois, tout à fait analogues aux filtres clos décrits en sucrerie. Le charbon retient une partie des substances nuisibles. On emploie à cet effet de préférence la braise de bois léger non résineux. Le charbon n'agit pas sur les alcools de betterave.

Quant aux autres procédés d'épuration chimique, ils ont été plus ou moins abandonnés, pour la raison fort simple qu'un mélange complexe et oxydable comme celui que présente l'alcool brut est très-sensible aux agents chimiques qui, tout en détruisant certains produits, peuvent donner naissance à d'autres. C'est ainsi que l'acide hypochloreux, le chromate de potasse, qui transformaient l'alcool amylique en acide valérianique peu volatil, sont maintenant rejetés de la rectification courante qui se contente de la distillation fractionnée.

La *rectification* par distillation comporte trois périodes générales. La première est celle pendant laquelle le liquide se distille à une température inférieure à 86 degrés, entre 80 et 85 degrés. Pendant cette période passent tous les alcools et éthers plus volatils que l'alcool lui-même. De 80 à 100 degrés, l'alcool bon goût, l'alcool presque pur, distille seul. Au-dessus de 100 jusqu'à 102 degrés distillent des produits mauvais goût mélangés d'alcool amylique et autres. On ne pousse pas plus loin l'opération.

Les appareils doivent donc être construits de manière à séparer facilement ces produits, et pour cela ils ne doivent débiter que de l'alcool fort dont la température d'ébullition se sépare nettement des deux produits extrêmes.

Les appareils à distillation décrits précédemment pourraient à la rigueur servir à la rectification. On se sert généralement d'appareils spéciaux pour cette opération, appareils faits et entretenus avec plus de soin que les autres. Ils sont étamés, pour éviter les réactions du cuivre; à chaque arrêt du travail, on a soin de les vaporiser et de les nettoyer complètement; enfin, ils sont toujours chauffés à la vapeur, au moyen de serpentins, et la chaudière qui contient l'alcool que l'on rectifie a de très-grandes dimensions, puisqu'il s'agit d'éliminer trois produits, ce qui constitue des pertes inévitables, pertes qui sont diminuées en traitant de grandes masses à la fois. Enfin, on a remarqué que les grands appareils rectifient mieux que les petits. La perte que fait subir cette opération est évaluée en moyenne à 5 pour 100.

La fig. 2, pl. III, représente un appareil à rectifier construit sur ces données. A est la chaudière, chauffée au moyen d'un serpentin dessiné en pointillé; B, la colonne d'analyse des vapeurs composée d'une grande quantité de plateaux, vingt au moins. La vapeur s'échappe par *e* et rencontre une série de tuyaux déflegmateurs, *a*, plongeant dans des cuves *b* remplies d'eau à des températures de plus en plus élevées. Les premiers, les plus aqueux, déversent les liquides qui s'y condensent sur les plateaux inférieurs de la colonne, et les seconds donnent des produits plus alcooliques sur les plateaux supérieurs. Les vapeurs riches se condensent à leur tour dans le serpentin D. Ce serpentin reçoit l'eau froide par en bas sortant des réservoirs F; elle s'échauffe en remontant et va se déverser par *d* dans le refrigérant *c*, dont elle parcourt successivement les quatre cases.

On emplit la chaudière A au moyen du réservoir E.

Pour mettre en train l'appareil, on commence par faire circuler assez vivement l'eau dans les réfrigérants, et l'on chauffe doucement. L'alcool commence par se condenser sur les plateaux et dans les tubes *a*. On a soin alors de régler l'eau de manière à ce qu'elle sorte *presque* froide par le trop-plein. Aucun liquide ne sort par l'éprouvette; on continue ainsi pendant trois heures environ. On dit alors que la distillation se fait *en dedans*, c'est ce que l'on appelle *faire les plateaux*. En effet, l'alcool se concentre sur les plateaux, les liquides moins volatils redescendant dans la chaudière, et les plus volatils arrivant au haut de la colonne. Alors passent dans l'éprouvette tous les liquides mauvais goût, les éthers plus volatils que l'alcool que l'on recueille à part. Lorsque l'on s'aperçoit que cette distillation s'arrête, on diminue l'arrivée de l'eau; la température monte à 50 degrés dans le bac *c* et l'alcool commence à distiller à 94 pour 100. Les premières parties sont encore infectes, on les met à part, et l'on tempère l'ébullition en diminuant l'entrée de la vapeur. Lorsque l'on juge que les produits qui passent ont une qualité suffisante, on règle bien son appareil, et l'on attend la fin de la distillation. Peu à peu l'alcoomètre descend. Il ne marque plus que 90 degrés. Enfin, lorsqu'il est au-dessous de 90, l'alcool amylique commence à distiller. On sépare alors ces produits, qui sont communs et de mauvais goût.

On continue cependant la distillation, on met à part les liquides marquant moins de 49 degrés; mais à ce point on ne refroidit plus que le serpentin et l'on distille rapidement, car les produits qui passent devront subir une nouvelle rectification.

Quand l'alcoomètre marque 0, on arrête, on vide la chaudière et l'on se prépare à recommencer une autre opération.

Parmi les appareils rectificateurs les plus perfectionnés, nous citerons ceux de Savalle, fig. 3, pl. III :

A, chaudière en cuivre ou en tôle recevant l'alcool à rectifier, chauffé par un serpentin intérieur.

B, colonne de 30 plateaux.

C, condenseur tubulaire. Les deux tiers des vapeurs qui le traversent sont ramenés à l'état liquide par *h* dans la colonne.

D, réfrigérant qui condense l'autre tiers des vapeurs à un haut degré, 96 ou 97°.

E, régulateur de vapeur.

F, éprouvette.

G, dôme de vapeur pour servir, à la fin des opérations, à la séparation et à l'élimination des huiles essentielles lourdes.

8, reniflard pour éviter l'écrasement de l'appareil par l'action du vide.

H, thermomètre permettant de suivre les opérations et de soutirer les huiles lourdes et infectes séparées par le travail.

Cet appareil a l'avantage de vider lui-même sa colonne à la fin de l'opération, ce qui n'a pas lieu dans les autres et nécessite généralement un travail en pure perte de cinq heures à chaque reprise.

Pour terminer ce qui a rapport à la distillerie, nous donnons fig. 4 et 5, pl. III, le plan d'installation d'une distillerie agricole suivant M. Savalle :

A, générateur de vapeur.

B, machine motrice.

C, laveur de betteraves.

D, élévateur qui amène les betteraves en E.

E, coupe-racines.

G, G', G'', bacs à macération de la cossette.

H, H', bacs à fermentation.

I, pompes.

K, appareil à distiller.

L, bac d'attente.

N, appareil à rectifier.

O, réservoir d'alcool.

Nous avons exposé, aussi complètement que possible, les méthodes de fabrication et les appareils les plus communément employés en distillerie. Nous allons passer maintenant à l'étude des nouveaux appareils que nous rencontrerons dans nos visites à l'*Exposition*. Nous ne clorons pas cet article sans dire que plusieurs des figures qui y sont insérées et nombre de renseignements ont été empruntés à l'ouvrage bien connu du Dr Stammer (1).

(1) Charles Stammer, docteur chimiste. — *Traité ou Manuel complet théorique et pratique de la distillation de toutes les matières alcoolisables (graines, pommes de terre, vins, betteraves, mélasse, etc.)*, contenant la description de tous les appareils connus et en usage dans la pratique, ouvrage indispensable aux fabricants d'alcool et aux distillateurs, 1 vol. grand in-8°, 452 pages, 81 fig. dans le texte et nombreux tableaux, reliure anglaise, 25 fr. Paris, Eugène Lacroix, éditeur, 1876.

LA DISTILLATION

DEUXIÈME PARTIE

(PL. IV, V, VI)

Comme nous le disions dans notre première partie, l'art de la distillation est arrivé à un point stationnaire autour duquel industriels et constructeurs tournent sans changer grand'chose au travail de leurs devanciers; aussi trouvons-nous peu de nouveauté à l'Exposition universelle. Les objets exposés sont de deux espèces : les alcools, produits de la distillation, et les machines propres au travail de la distillerie.

Alcools. — Les alcools exposés en 1878 sont, en grand nombre, en effet, l'industrie qui nous occupe est répandue sur toute la surface de la France et du globe même, fournissant des produits directement consommables, comme dans le Midi, alcool de vins fins, cognac, etc.; dans le Nord, genièvre et alcool de grain en général, vodki des Russes et autres; enfin, dans les pays où pousse la canne, le rhum et le tafia. A côté de cela sont les produits industriels, alcools de mélasse, de betterave, de pomme de terre, de céréales de toutes sortes.

Les premiers produits rentrent dans la section des denrées alimentaires, et, pour porter un jugement sur leur qualité, les moyens organoleptiques sont les seuls à employer. Les produits industriels sont plus difficiles à juger. En effet, que nous importe une exhibition d'alcools, plus ou moins fins, de degré plus ou moins élevé, de flegmes, de produits éthérés ou non, si nous ne savons comment ils ont été fabriqués? Car ce n'est pas tant le produit lui-même qui nous occupe ici que les conditions industrielles qui ont concouru à sa confection. Quel progrès enfin réalise donc un produit fin qui coûte très cher? Nous aurions par conséquent à examiner d'abord les prix de revient, et ensuite, à prix égal la qualité de l'alcool, qualité qui fait prime sur le marché et qui est le fait soit d'une fabrication plus soignée, soit d'un appareil distillatoire plus perfectionné. Or, sur beaucoup de produits exposés, nous voyons bien nettement l'usine, emploie les appareils Savalle, Champonnois, Egrot ou autres, mais les prix n'y figurent pas; et malheureusement, pour obtenir de tels renseignements, à moins d'être membre du jury, on est de suite rebuté par les difficultés que l'on rencontre en présence de l'inertie de certains exposants, du manque de représentants, ou des lettres qui restent sans réponse (1).

C'est sur les qualités organoleptiques des alcools que l'on se base pour en fixer la valeur, ce qui demande non-seulement une certaine expérience, mais encore des facultés spéciales dont tout le monde n'est pas doué au même degré, et ce qui, en tous cas, est toujours sujet à la critique des deux parties, acheteurs et vendeurs. M. Savalle a trouvé un moyen de doser mathématiquement le degré de pureté de l'alcool, au moyen d'un réactif qui colore d'autant plus le liquide essayé que celui-ci est plus impur. C'est pourquoi il a nommé son appareil *diaphanomètre*. Le mode d'emploi de sa liqueur est simple. Il a établi une série de types de teintes allant de 0, alcool pur, à 15. C'est le type 4 qui donne la valeur moyenne d'un alcool, type qu'il a déposé à la Bourse,

(1) La remarque que fait ici notre collaborateur est générale pour la plupart des exposants et dans toutes les industries. E. Lacroix.

et auquel les alcools ont le prix du cours. De 0 à 4 les alcools sont primés de 5 francs par degré (au-dessus du cours) ; au-dessous de 4, on diminue 3 fr. par degré. On prend dès lors, au moyen d'un tube gradué placé dans la boîte du diaphanomètre, 10 centimètres cubes de l'alcool à vérifier, on les verse dans un petit ballon et on y ajoute 10 centim. du réactif, on fait bouillir sur une lampe à alcool, en une minute l'essai est fait. Il ne reste plus qu'à verser le liquide dans une des petites bouteilles placées dans le nécessaire, semblables à celles des types, et à comparer. Comme les types ont été composés avec de l'alcool pur additionné de 1 à 15 dix millièmes d'impuretés, on peut calculer très approximativement à la nuance le degré de pureté de l'alcool essayé.

Pour les alcools de vin, le procédé est le même, mais le résultat diffèrent. Ces alcools sont très-chargés d'éthers, œnanthiques et autres ; dès lors le réactif les colore fortement et la teinte qu'il produit est toute particulière. La fraude à découvrir est de savoir si les alcools de vin sont chargés d'un autre alcool qui sera nécessairement plus pur. Le diaphanomètre répondra parfaitement à la question en montrant l'essai moins coloré, s'il y a addition d'alcool étranger, qu'avec l'alcool de vin pur.

Le diaphanomètre est donc fertile en bons renseignements, et nous jugerons d'un seul mot sa valeur en disant que bien peu des exposants ont osé, devant le jury, affronter son contrôle. C'est tout dire.

Distillation des mélasses. — Comme modèle de fabrication, nous citerons celle de M. Savary qui expose dans la classe 47 un échantillon de mélasse, matière première de son exploitation, des flegmes sans éthers, les éthers séparés par un agencement spécial de la colonne imaginé par M. Savary, des alcools rectifiés, et enfin des potasses, brutes et raffinées, des soudes, chlorures, sulfates et engrais. Les usines de M. Savary, situées à Ham et à Nesle, dans la Somme, sont des établissements de premier ordre, produisant ensemble par an de 60 à 70,000 hectolitres d'alcool de mélasse française, auxquels il faut joindre 1,800,000 kilog. de potasse brute, 4 à 500,000 kilog. de potasse raffinée, 200 à 250,000 kilog. de soude, 300,000 kilogram. de sulfate de potasse, autant de chlorure de potassium, et 7 à 800,000 kilogram. d'engrais, le tout valant environ 1 million de francs. Voici comment M. Savary établit ses frais de fabrication :

Pour un hectolitre d'alcool à 90°.

Transport de la mélasse	1,400
Commission d'achat de la mélasse	0,875
Charbon	2,250
Main-d'œuvre	1,250
Acide sulfurique	0,300
Levûre	0,250
Maïs (pour mémoire)	
Futailles	3,500
Frais généraux comprenant :	
Intérêt et amortissement	1,150
Contributions, patentes, appointements, locations de logements, assurances, intérêts et négociations de valeurs, éclairage et marchandises diverses, comme huile, barils, etc.	2,100
Courtage de vente de trois-six — 1 0/0	0,600
Entretien du matériel	0,300
Total	14,175

Les frais de fabrication de la potasse brute sont compris dans ce prix. La consommation du charbon est alors de 140 à 150 kilogram. de quarte ordinaire par hectolit. d'alcool, et le rendement moyen des fabriques est de 20 litres d'alcool par 100 kilogram. de mélasse à 40. C'est le rendement que nous avons indiqué dans notre première partie.

L'industrie de M. Savary est donc aussi bien conduite que possible et peut servir de type à tous les autres établissements de même genre, parmi lesquels nous rencontrons à l'Exposition les distilleries de MM. Porion de Wardrecques, qui emploie les appareils Savalle, Bodé et Pasquesoone, Crépin Deslinsel, etc. D'ailleurs, nous pourrions citer un grand nombre de noms qui ne nous enseigneraient rien de plus, d'autant que beaucoup d'exposants se contentent d'exhiber un beau flacon en cristal sur lequel est écrit alcool ou flegme, sans dire si c'est tiré de la mélasse ou de tout autre produit. Nous nous abstiendrons donc de juger ceux-là.

Distillation des betteraves. — Le matériel de la distillerie, en dehors des alambics, est très-restreint à l'Exposition. Nous y trouverons cependant une installation de distillerie agricole système Champonnois réduit à ses éléments essentiels, laveur, épierreur de betteraves, coupe-racine, cuve de macération et de fermentation, pompes affectées à divers services de l'usine, et colonne à distiller (Exposition agricole, quai d'Orsay). C'est vers 1853 que M. Champonnois imagina son procédé de traitement de la betterave dont nous avons expliqué le principe dans la première partie de cet article, résolvant ainsi le problème posé par la Société centrale d'agriculture : « Introduction dans la ferme d'une industrie simple et facile favorisant énergiquement la production économique du blé, du bétail et des engrais, par la culture et le traitement des racines sucrées, notamment de la betterave. »

En effet, M. Champonnois s'est attaché, comme l'exprimait en 1855 une commission chargée d'examiner ses procédés, pour introduire la distillation dans la ferme, à trouver les moyens : 1° d'avoir un outillage simple, relativement peu coûteux ; 2° de conserver la plus grande partie de la betterave pour la nourriture du bétail, point essentiel pour le cultivateur ; 3° de traiter la betterave par un mode facile et peu dispendieux, procurant une bonne extraction de l'alcool.

C'est qu'en effet la culture de la betterave coûte fort cher, et comme cette racine est une des nourritures les plus profitables au bétail, que sans bétail on n'a pas d'engrais, ni de blé par conséquent, il fallait chercher un moyen de dégrever la betterave de cet énorme prix de culture que le bétail ne pouvait pas supporter pour que son élevage fût rémunérateur. Or, dans la betterave, le sucre est une matière chère ; n'enlever que le sucre de la betterave et donner aux bestiaux cette pulpe privée d'un seul de ses éléments, lequel élément paierait à lui seul le prix de la racine, tel est le problème résolu par M. Champonnois. Sans doute, avant lui, on extrayait l'alcool de la betterave, mais la racine lavée dans des macérateurs était privée non-seulement de sucre, mais encore d'une grande partie des substances nutritives qu'elle contient, substances solubles minérales et azotées, et dès lors n'avait plus qu'une valeur relativement beaucoup inférieure à celle de la racine mère. M. Champonnois s'efforça donc de rendre à la cossette épuisée de son sucre les éléments nutritifs enlevés par la macération, et il y parvint en rechargeant ses cuves avec les vinasses épuisées sortant de la colonne, au lieu de se servir d'eau pour cet usage.

Si simple que paraisse être cette modification, elle n'en a pas moins causé une grande transformation dans la culture en facilitant l'adjonction de la distillerie à la ferme, les racines sortant de la distillerie identiquement dans le même état que si elles avaient été cuites et fermentées en silos. Or, la cuisson des

betteraves est en usage dans toutes les fermes, donc la distillerie agricole ne grève pas la ferme de frais nouveaux autres que l'amortissement du capital machine, capital couvert rapidement par la plus-value du rendement de la betterave en alcool, perdu jadis pendant la fermentation dans les silos. Il est résulté de ce fait une augmentation considérable dans la culture de la betterave et de l'augmentation du bétail, du fumier et du blé, c'est-à-dire la réalisation du vœu de la Société centrale d'agriculture, qui décerna dès la deuxième année de l'apparition du procédé une médaille d'or à M. Champonnois et une grande médaille l'année suivante, 1855.

Et maintenant, si nous revenons à notre Exposition, si nous voyons le modeste petit outillage qui représente un si grand perfectionnement dans l'agriculture française, nous y trouvons un élévateur à palettes en bois, un laveur à liteaux en bois, un épierreur, le tout analogue aux appareils de sucrerie décrits dans la première partie de l'article *Sucrerie*, un coupe-racine système Champonnois semblable pour la forme aux râpes décrites en sucrerie, mais de plus petit diamètre, et garni de six lames dentelées pour découper les cossettes de betterave en rubans de 2 millimètres d'épaisseur environ, l'eau à la râpe, est remplacée par du jus faible ou par de l'eau acidulée à raison de 2 kilogram. d'acide sulfurique dans 30 litres de jus environ par 1,000 kilogram. de betterave. Cette eau acidulée est destinée à prévenir toute altération des cossettes.

Les cossettes acidulées sont chargées à la pelle ou automatiquement dans les cuviers de macération en les disposant de préférence contre la circonférence. Il y a trois cuviers de macération en bois, dont un spécimen est exposé, contenant chacun 2,000 kilogr. de betteraves, que l'on remplit alternativement toutes les trois heures, soit huit cuviers ou 16,000 kilog. de betteraves par vingt-quatre heures; la durée de la sortie de roulage de chaque cuvier est de six heures au moins, ce qui est suffisant avec 130 ou 140 l. de jus du poids de la betterave, correspondant à une température de 25 degrés dans les cuves de fermentation. Cependant, comme cette température est variable avec la qualité de la betterave, attendu que sur une betterave riche il est nécessaire de couler plus de liquide que sur une pauvre, M. Champonnois a imaginé un petit réfrigérant exposé et placé entre la cuve de macération et la cuve de fermentation qui est disposé de telle sorte que les liquides passent à volonté par l'espace tubulaire refroidisseur ou vont directement à la cuve, par le déplacement seul d'une petite règle métallique placée en tête du réfrigérant. Cette disposition fort commode et fort utile règle admirablement le jeu de la fermentation.

La fermentation par le procédé Champonnois est continue, c'est-à-dire que le jus coule d'une manière continue en petit filet dans la cuve à fermentation en sorte qu'il entre lui-même en fermentation rapidement sans entraîner celle de la cuve.

La pulpe, au sortir des cuviers de macération, représente environ 75 °/₀ du poids de la betterave.

Voici quels sont les frais de fabrication qu'occasionne le procédé Champonnois. Les nombres suivants forment la moyenne de ceux recueillis dans dix usines de dimension différente dans des localités variées.

Frais de fabrication de 4 alcool par les procédés Champonnois, établis par 1,000 kilog. de betteraves travaillées.

Combustible.	1,398
Main-d'œuvre.	1,903
Dépenses diverses.	1,694
Intérêt et amortissement.	1,729
Total.	6,726

Le rendement moyen en alcool dans ces différentes usines a été de 4,50 %, soit 222 kilog. de betteraves fournissant 1 hectolitre d'alcool à 100 degrés.

La quantité de pulpe obtenue était alors de 70 %, soit 1558 kilog. par hectol. d'alcool, et valant 16 francs les 1,000 kilogs, donnait un revenu nourriture de 15,58 par hectolitre d'alcool, quand les frais de fabrication revenant à 6 fr. 726 les 1000 kilog. de betteraves ou 14,96 par hectol. d'alcool, ces frais sont amplement couverts par le prix de la pulpe; donc *les pulpes paient les frais de fabrication.*

De 1866 à 1872, le prix moyen de l'hectolitre d'alcool a été de 60 fr. 80 c. L'écart de vente de l'alcool de rectificateur qui fournit les rues et prend livraison à la gare du distillateur, étant de 10 fr. en général, le prix de vente de l'hectolitre d'alcool revient à 60, 80 + 30 fr. 80 c. Ces 30 fr. 80 c. représentent le prix que le cultivateur retire de sa betterave, c'est-à-dire que la distillerie rembourse au cultivateur la betterave 22 fr. 80 les 1000 kilog. en année moyenne; dans la plus mauvaise année, la betterave a encore été payée 16 fr. 40 c. et dans les bonnes années à rendement égal à 20 fr. et même 28, nombre qui augmente encore si l'on calcule qu'au lieu de 4,50 pour 100, la betterave rend jusqu'à 6 % dans les bonnes années.

En résumé, la culture de la betterave est toujours rémunératrice pour l'agriculteur distillateur, et d'autant plus qu'il cultive ses racines avec plus de soin et de science, de manière à les rendre plus riches en sucre et par conséquent en alcool. Ici il n'y a pas, comme en sucrerie, d'antagonisme possible; le cultivateur travaille pour lui seul, il n'est à la merci de personne, même pas du consommateur de pulpe; il a du bétail en conséquence, il peut donc faire rendre à ses champs tout ce qu'il veut, aussi bien ses beaux blés que ses bonnes betteraves, ce qui assure la supériorité de la distillerie sur la sucrerie, surtout quand les alcools sont à un prix élevé. Aussi voyons-nous à l'Exposition nous montrer de nombreux spécimens d'alcools de betteraves, pulpes conservées, nourriture de bestiaux préparées avec les cossettes sèches, etc., cela dans maintes contrées où la sucrerie n'existe pas. Tels sont les expositions des environs de Beauvais, de MM. Gilbert, Pluchet, Petit à Champagne (Seine-et-Oise), Meyer à Corbert (Seine-et-Marne), Rotalgny de Thérouldeville, etc.

Alcools de grains, de maïs, de riz, etc. — L'alcool de blé est peu représenté à l'Exposition, le maïs au contraire abonde, souvent joint à la distillation de la mélasse, comme on le voit indiqué dans l'Exposition collective du Pas-de-Calais, renfermant des produits de maïs et mélasse fermentés ensemble et séparément, des résidus de distillerie, tartre, potasse, etc. Nous retrouvons, d'ailleurs, l'industrie de la distillation du maïs dans le midi de la France, l'exposition de M. Pezet de Grépiac (Haute-Garonne) en est un exemple.

Il y a des fabrications localisées, comme celle de l'eau-de-vie de cidre très répandue en Normandie, comme l'attestent les nombreuses expositions des environs de Rouen, de MM. Varet à Bonville, de Morel à Montville, etc. L'alcool de vin est la spécialité du Midi, comme nous le voyons dans l'Exposition de la distillerie de vins de Lapalme, aux Adrets (Isère); en Bourgogne, on fait des eaux-de-vie de marc très sont ceux de MM. Bailly et Gallimard de Dijon. Enfin l'École d'agriculture de Saint-Rémy (Haute-Saône) a tenu à honneur de nous montrer une foule de sources cachées d'alcool. En effet, elle expose des alcools de sorbes, de carottes, de poires, d'aubepine, de lie, de sureau noir, d'alèses, de cassis, d'églantier, de gentiane, de coing, de miel de prune, etc.

Si nous allons dans les pays étrangers, nous voyons la distillerie de grains plus répandue; en Russie, même, c'est une industrie spéciale à l'exclusion

de toute autre, comme l'indique l'exposition de M. Jankowski de Varsovie. Dans les colonies, nous trouvons des expositions fort curieuses, car dans les Indes-Portugaises, par exemple, à côté de l'eau-de-vie de canne, on trouve celle du caju dont on retire ordinairement des matières grasses, et du palmier, faite avec de la farine obtenue en broyant le fruit de l'arbre. Mais, nous le répétons, tous ces essais sont peu de chose à côté de nos grandes industries agricoles.

Appareils réfrigérants. — Dans l'industrie des alcools, le besoin d'amener à une température fraîche les liquides à fermenter a fait rechercher les moyens les plus divers pour rafraîchir les moûts. La distillerie, comme la brasserie, a besoin d'appareils réfrigérants, puissants et économiques pour arriver à un travail rapide, sans perte de temps, conditions essentielles pour mener à bien ces industries. L'Exposition universelle nous montre, comme tendance presque unique de tous les constructeurs, des appareils formés de surfaces refroidies d'une manière intense d'un côté et sur lesquelles circule en nappe de l'autre le moût trop chaud. Le problème est résolu de plusieurs manières.

La maison Decker et Mot, de Paris, expose les réfrigérants Lawrence (de Londres) dont le principe consiste en une circulation d'eau de température graduée, depuis l'eau glacée jusqu'à l'eau tiède, entre deux surfaces profondément ondulées en cuivre. Les deux tôles ondulées sont verticales, réunies à leurs extrémités par des joues en fonte qui règlent leur écartement. Le liquide à refroidir tombant par une gouttière ménagée au-dessus de l'appareil sur toute sa longueur, et horizontalement, et garnie par en-dessous de trous d'écumoire, s'étend en nappe sur les deux surfaces métalliques, et tombe à la température désirée dans une auge *ad hoc*. On règle l'introduction de l'eau d'après la température à laquelle on veut obtenir le moût. En distillerie, où l'on ne recherche pas de très-basses températures, ces appareils consomment peu d'eau, et l'usage de l'eau glacée est inutile. Si, au lieu d'eau, on fait circuler de la vapeur entre les surfaces, la même machine peut tour à tour servir à réchauffer ou à refroidir les liquides; elle est donc d'un usage avantageux. C'est une machine des plus recommandables, sur laquelle nous insisterons dans l'article *Brasserie*.

Au lieu de faire circuler l'eau entre deux surfaces ondulées, on peut faire usage d'une série de tubes horizontaux reliés par leurs extrémités en forme de serpentins et superposés, rendant le même office que l'appareil précédent, avec l'avantage de donner plus de prise aux courants d'air qui circulent entre les tuyaux. Seulement ces appareils, ayant une surface beaucoup moindre que le précédent, sont généralement moins puissants.

Le réfrigérant Dubois (Carignan, Ardennes) est basé sur le principe. Il se compose de tuyaux horizontaux superposés, laissant entre eux un certain espace pour la circulation de l'air, et reliés à leurs extrémités par des boudas en bronze. Le moût tombe de la gouttière supérieure sur le premier tuyau par l'intermédiaire d'une lame de cuivre taillée en forme de scie, chaque dent conduisant la goutte régulièrement sur toute la longueur de l'appareil. Chaque tuyau est garni intérieurement d'une lame semblable régularisant jusqu'en bas le courant du liquide. Le nettoyage intérieur est facilité par des regards réservés dans les coudes de bronze.

M. Castelin-David, à Mézières (Ardennes), a fait, sur le même système des réfrigérants qui présentent certaines modifications ingénieuses. Les tubes, au lieu d'être ronds, sont plats et de diamètre assez fort. Au milieu du tube se trouve un autre tube dans lequel on provoque une circulation d'air, et qui a l'avantage de réduire le volume d'eau intérieur, le centre concourant peu à la réfrigération, puisque c'est le liquide de contact seul qui refroidit; les extrémités des tubes sont encastrées avec rondelle en caoutchouc dans des supports creux en fer,

verticaux, et séparés intérieurement en compartiments formant le coude du serpentin. Le liquide se distribue sur le tuyau supérieur au moyen d'un tuyau distributeur à pression naturelle, formant filtre, et garni d'une lame dentelée, comme dans l'appareil précédent. Tous les tuyaux sont garnis également par en-dessous de lames semblables. La forme aplatie des tubes permet de donner une grande surface de refroidissement jointe à une faible hauteur de l'appareil.

MM. Méline et Baptiste exposent un réfrigérant analogue à tubes cylindriques avec courant d'air forcé par un ventilateur. — Dans l'appareil réfrigérant.

Nous ne nous occuperons pas plus longtemps de ces appareils qui sont beaucoup plus du domaine de la brasserie que de celui de la distillerie.

Macérateurs, cuves-matière. — Tous les instruments de ce genre qui sont exposés sont construits spécialement pour la brasserie. Cependant nous voyons dans l'annexe de la section belge un petit modèle de macérateur, Lacambre perfectionné par Désiré Hainaut.

GRANDS APPAREILS DISTILLATOIRES.

Nous passerons en revue d'abord les grands appareils distillatoires, et commencerons par étudier l'appareil Champonnois qui occupe l'un des premiers rangs dans notre notice, excellent appareil d'ailleurs malgré son peu d'apparence (Classe 52, galerie des machines et exposition agricole, quai d'Orsay). Le dessin que nous donnons ici représente la modification principale que M. Champonnois ait fait subir à sa colonne.

En effet, si l'on se reporte à notre première partie, on voit que l'appareil Champonnois était monté sur une chaudière à feu nu ; il était aussi installé sur un ensemble de deux chaudières comme la colonne de Cellier-Blumenthal ; maintenant, M. Champonnois préfère le chauffage à la vapeur par serpentin, laissant de côté le procédé de barbotage qui augmente les vinasses et perd du calorique. A cet effet, supprimant toute chaudière, il ménage au bas de la colonne un espace vide (fig. 1, Pl. VI), au fond duquel tombent par un tuyau plongeur les vinasses épuisées. Là elles submergent un serpentin de forme particulière qui les porte à l'ébullition. Leur niveau est réglé par un trop-plein par lequel elles s'échappent. Le serpentin est fait de la manière suivante. Le siége de la colonne qui renferme les vinasses présente sur le côté une vaste tubulure rectangulaire horizontale. Sur cette tubulure on boulonne une pièce, rectangulaire également, formant couvercle et qui supporte le serpentin. Cette pièce se compose d'une partie creuse séparée en deux chambres par une cloison horizontale. Dans la chambre du dessus est l'arrivée de vapeur, et dans celle du dessous la sortie. Les deux chambres sont mises en communication par une série de neuf tuyaux en forme d'U, qui pénètrent dans la colonne et tiennent lieu de serpentin. Cette disposition a l'avantage de permettre un nettoyage facile des serpentins et de la chambre des vinasses sans nécessiter le démontage de la colonne, et de retourner les eaux de condensation aux générateurs directement. On voit, d'ailleurs, sur le dessin la forme du plateau en détail, et la naissance des tiges de fer qui relient tout l'appareil. Enfin, M. Champonnois fait passer ses vinasses épuisées dans un appareil tubulaire, où elles se refroidissent en chauffant une quantité correspondante du vin à distiller.

Par ces dispositions, M. Champonnois réalise les avantages suivants : augmentation de rendement en alcool atteignant 1/25, soit environ 40 litres à 100 degrés pour un travail journalier de 20 à 24,000 kilogr. ; économie de

combustible évaluée à 10 kilogr. par 1,000 kilogr. de betterave; enfin, facilité d'appliquer le serpentin aux anciens appareils, en remplaçant quelques couronnes inférieures par la couronne spéciale. De tels serpentins durent d'ailleurs fort longtemps en raison de la division de la vapeur dans ce grand nombre de tubes, ce qui procure une grande et utile lenteur dans la marche de cette vapeur au sein du liquide qu'elle échauffe.

Nous trouvons ensuite la majestueuse exposition de M. Savalle, que reproduit notre dessin dans son entier Pl. IV. C'est un énorme appareil à distiller rectangulaire placé à côté de la colonne à rectifier de force correspondante. Cet appareil, malgré ses grandes dimensions, n'est que l'appareil de moyenne grandeur construit sur les plans de M. Savalle qui en a livré de dimensions deux fois plus grandes. Nous n'avons d'ailleurs rien à signaler de nouveau dans la construction de ces machines, qui sont de fabrication courante pour la maison Savalle. Nous voyons un autre appareil de plus petite dimension construit par l'établissement de Fives-Lille, dans l'exposition de cette maison. M. Savalle expose comme nouveauté un petit alambic (fig. 1, Pl. V), servant à la production des eaux-de-vie de vin en France et aux colonies à celle des rhums et des tafias; il se compose d'une colonne rectangulaire à douze tronçons, puis d'un réfrigérant chauffe-vin, boulonné au centre d'un support trépied dont le sommet est couronné par un bac dans lequel on envoie les vins d'alimentation, et le bas relié par le régulateur de vapeur; enfin d'un petit générateur vertical; le tout est expédié à destination avec la tuyauterie tout prêt à fonctionner. Le régulateur offre une construction particulière; ici le flotteur nage sur la vinasse elle-même qui circule directement dans le régulateur au lieu de l'eau qui sert d'intermédiaire dans l'ancien appareil; la question est donc ici dans un montage correct de la tuyauterie et l'observation rigoureuse des niveaux. Cet appareil produit 600 litres de tafia ou d'eau-de-vie à 60 degrés par dix heures de travail. Son prix avec le générateur est de 10,500 fr. environ. Il consomme 2 kilogr. de houille pour 100 kilogr. de vin titrant 8 0/0.

Nous voyons aussi sur une table une petite colonne *b* (fig. 2, Pl. VI), et son réfrigérant *d*, servant à analyser les vins ou vinasses. Cette petite machine travaille parfaitement et retire des vins faibles le peu d'alcool qu'ils contiennent.

Si notre Exposition universelle n'eût pas été si courue, si chaque exposant avait pu obtenir la place qu'il convoitait, M. Savalle aurait pu exposer un magnifique appareil dont nous donnons ici la vue d'ensemble (fig. 2 et 3, Pl. V), qui est continu, et produit directement de l'alcool à 94 degrés! Cette machine a été construite pour l'usine de M. le baron Springer à Maisons-Alfort, afin de recueillir l'alcool contenu dans les eaux de lavage de la levure de panification; dans ce cas spécial, on obtient de l'alcool à 90 degrés. Mais, lorsque ensuite on l'a employée à la distillation des matières épaisses provenant des grains contenant 4 0/0 d'alcool, elle a fourni l'alcool brut à 94 degrés centésimaux. Nous dirons à ce propos que la forme rectangulaire des plateaux offre une sécurité très-grande dans leur nettoyage naturel, vu surtout la rapidité avec laquelle les liquides circulent dans la colonne. Des regards sont d'ailleurs ménagés sur les faces des tronçons pour opérer le nettoyage en cas de besoin et de temps à autre.

M. Savalle n'a pas pu exposer son appareil distillatoire locomobile (fig. 4, Pl. V), basé sur les mêmes principes. A est une colonne rectangulaire, B un condenseur chauffe-vin, K le réservoir à vin, L le régulateur d'alimentation, D le régulateur de la vapeur qui est produite par un petit générateur séparé. Cet appareil distille par jour 150 hectol. de vin, et dépense 300 kilogr. de houille.

A côté de l'exposition de M. Savalle, nous voyons un appareil appartenant à la maison Cail, qui sert tour à tour à la distillation ou à la rectification, ce

qui explique la vaste dimension de sa chaudière. Il est destiné uniquement aux colonies, et possède une double cuve spéciale permettant d'utiliser le vin comme liquide réfrigérant dans ce pays où l'eau, sous l'action de la température ambiante, est toujours plus chaude que le vin que l'on veut distiller. Cet appareil, de forme ancienne, rend quelques services particuliers pour lesquels il est agencé.

Passons devant l'exposition de MM. Dreyfus frères, dont la chaudronnerie est bien faite, mais dont il est impossible d'obtenir aucun renseignement de nature à intéresser les lecteurs. Arrivons à l'exposition de M. Egrot, fort intéressante dans toutes ses parties, quoique incomplète pour les raisons d'exiguïté de local.

L'appareil à distillation continue système Egrot repose principalement sur une construction nouvelle des plateaux qui consiste à leur donner une surface d'opération plus grande et plus énergique que dans les plateaux généralement en usage. Les fonds de ces plateaux sont disposés en cascade, et divisés en galeries circulaires concentriques de façon à obtenir une circulation prolongée et contrariée, laissant le temps au liquide de se dépouiller complètement de l'alcool qu'il contient. Cette action est encore augmentée par la présence de nombreux petits bouilleurs ou champignons barboteurs qui existent dans le parcours, et permettent ainsi de diviser les vapeurs ascendantes sur toute la surface du plateau, et d'activer la distillation par une ébullition forcée. Les figures 17 et 18 représentent une coupe et un plan d'un de ces plateaux.

Fig. 17.

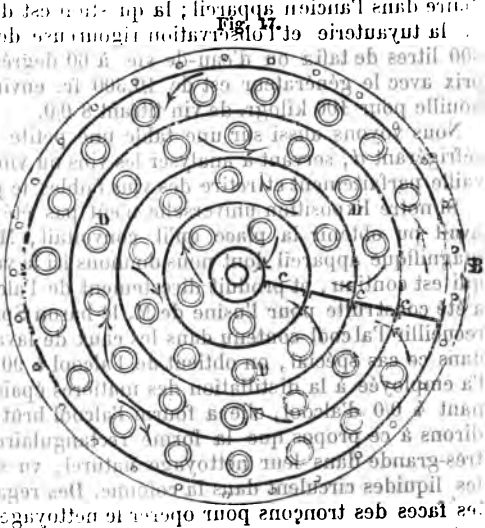


Fig. 18. — Coupe et plan des plateaux Egrot.

A, plateau avec rebord pour se joindre soit à la chaudière, soit à d'autres plateaux.

D, fond cannelé et divisé en galeries concentriques.

C, digues qui forcent le liquide en circulation à tomber d'une galerie dans l'autre et à prendre une direction opposée, comme cela est indiqué par le sens des flèches.

D, petits bouilleurs livrant passage aux vapeurs ascendantes et agitant fortement le liquide sur toute la surface du plateau.

Les effets produits par ces plateaux se comprennent facilement, en augmentant leur surface de distillation et en facilitant très-sensiblement le dépouillement des vins. M. Egrot obtient donc une distillation sous une très-faible pression, et un épuisement très-rapide. Cette rapidité du travail, dans le cas de la

distillation des jus fermentés de betterave, pomme de terre, topinambour, offre l'avantage de diminuer la formation des huiles empyreumatiques et des éthers spéciaux, dont les produits distillés sont dès lors moins chargés, et par conséquent plus faciles à rectifier. De même les trois-six que l'on livre à la consommation, sans être rectifiés, sont obtenus avec une grande finesse de goût. Aussi M. Egrot a-t-il déjà livré plus de 400 de ses appareils à l'industrie des alcools.

La figure 3, Pl. VI, représente un appareil Egrot de moyenne grandeur chauffé à feu nu. Voici la description de cet appareil :

a, chaudière en cuivre munie d'un syphon, *b* pour la vidange continue des vinasses épuisées et d'un robinet, *c* pour la vidange totale.

A, plateaux de distillation.

B, calotte recouvrant le dernier plateau et supportant la colonne à rectifier C.

E, col de cygne conduisant les vapeurs alcooliques dans le serpentin rectificateur chauffe-vin F.

J, entonnoir recevant le vin et le portant au bas du chauffe-vin.

K, tuyau portant le vin du chauffe-vin dans le premier plateau.

N, tuyaux et robinets de rétrogradation des petites eaux dans la colonne à rectifier B.

R, cuvette régulatrice.

S, robinet flotteur.

T, robinet régulateur du vin.

V, éprouvette.

Z, cuve à vin.

X, pompe-bâche foulante chargeant la cuve Z.

On voit, d'après la forme des différents organes de l'appareil, certains avantages obtenus habilement par M. Egrot.

Le chauffe-vin est rétréci par le haut, ce qui fait que le vin est porté à la plus haute température possible avant de tomber sur les plateaux. Les dispositions de la colonne à rectifier, des robinets de rétrogradation du réfrigérant placé au-dessous du chauffe-vin, permettent d'obtenir immédiatement des eaux-de-vie de bon goût à 50 ou 70 ou des trois-six de 75 à 90 degrés.

Enfin, le tout est facilement démontable, de petite dimension, d'un prix des lors modéré.

M. Egrot construit des appareils sur dix grandeurs différentes; le plus petit distille 20 hectol. par vingt-quatre heures, et le plus grand en distille 1,000 dans le même temps.

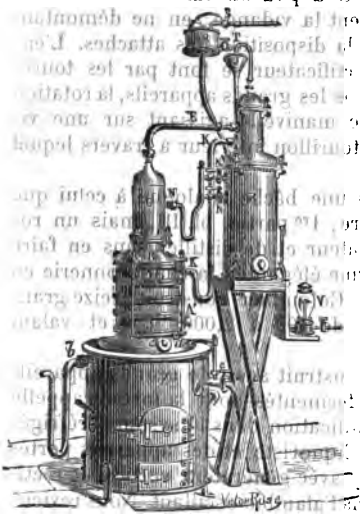


Fig. 19. — Petit appareil Egrot.

Les vastes dimensions des plateaux, leur disposition et celle du chauffe-vin provoquent la distillation complète et rapide de l'alcool avant même qu'il retombe dans la chaudière, empêche toute pression dans l'appareil, et dès lors le met à l'abri de voir les liquides mousser et monter, de *vinasser*, ce qui est la pierre d'achoppement d'un bon appareil. De plus, par le petit volume de liquide qu'il contient, il emploie très-peu de combustible. Enfin, dans les cas particuliers où l'on

distille des liquides très-alcooliques et où l'on veut obtenir des liquides plus élevés en degré, on peut ajouter un plateau de plus à la distillation, et un chapiteau rectificateur sur la colonne à rectifier.

M. Egrot a exposé également un tout petit alambic, fig. 19, construit exactement sur le même système, dont il existe quatre grandeurs pouvant distiller de 4 à 16 hectol. par vingt-quatre heures. La chaudière est portée sur un fourneau X en tôle garni de briques réfractaires, et le chauffe-vin sur un support en bois, le tout facilement démontable et transportable. Enfin, pour que ses appareils soient tout à fait agricoles et portatifs, M. Egrot a établi un appareil du même système sur un chariot à trois roues (fig. 4, Pl. VI), ce qui permet de faire le travail de la distillation des vins dans les fermes. Ce chariot contient un appareil chauffé à feu nu, une bâche surmontant le chauffe-vin destinée à recevoir le vin qu'élève une pompe rotative en bronze installée sur le chariot. On peut faire avec cet appareil des eaux-de-vie de 55 à 75 degrés. M. Egrot construit aussi un modèle plus petit du même genre, avec toiture, dont nous rencontrerons de nombreuses imitations.

L'exposition de M. Egrot, fort intéressante et fort bien comprise, se complète par quelques petits modèles de ses alambics pour laboratoires avec appareil dans le vide pour la distillation et la fabrication des extraits pharmaceutiques, et par une belle installation de cuisine à vapeur avec un générateur vertical spécial qui seront décrits dans une autre partie de cet ouvrage.

Appareils divers. — A la suite de ces grandes expositions, nous en trouvons quelques-unes plus modestes, mais non moins intéressantes, dans l'annexe parallèle à l'avenue de la Bourdonnaye. M. Colombier, de Lyon, présente un appareil à double fond oscillant, se chauffant à la vapeur avec rectificateur spécial. Cet appareil est destiné surtout à la préparation des parfums, absinthes, etc., mais peut servir aussi à la distillation des marcs et de tout jus fermenté. La disposition ingénieuse de la machine consiste à pouvoir faire osciller la cucurbite autour d'un axe pour opérer rapidement la vidange, en ne démontant que le chapiteau, opération rendue facile par la disposition des attaches. L'entrée de la vapeur et la rétrogradation du rectificateur se font par les tourillons, ce qui évite tout démontage spécial. Dans les grands appareils, la rotation de la cucurbite est provoquée au moyen d'une manivelle agissant sur une vis sans fin qui engrène un pignon placé sur le tourillon intérieur à travers lequel passe la rétrogradation.

Le rectificateur est à tubes plongeants dans une bâche analogue à celui que représente notre appareil à rectifier ordinaire, 1re partie, pl. III, mais un robinet à trois eaux permet d'isoler le rectificateur et de distiller sans en faire usage. Cet appareil est bien construit, de forme élégante; la chaudronnerie en est soignée et les détails étudiés avec soin. M. Colombier construit treize grandeurs de ces alambics ayant une capacité de 100 à 2,000 litres et valant tout complet de 1,200 à 7,000 francs.

Outre ces appareils, la maison Colombier construit aussi de grands appareils à colonne pour la distillation des vins et jus fermentés dont la forme rappelle un peu celle des appareils Egrot, avec modification dans le système réfrigérant; des alambics ordinaires et outillage de liquoriste et des appareils portés sur roue, construits sur le principe de Villard, avec générateur vertical et rectificateur semblable à celui qui est appliqué dans l'alambic oscillant. Nous reviendrons sur la machine de Villard un peu plus loin.

Près de là, la maison Deroy (Paris-Grenelle) a de beaux alambics de confiseur et liquoriste; mais elle construit aussi de grands appareils à distiller et des alambics montés sur roue, genre Egrot.

M. Tamarelle expose un modèle d'appareil à distiller à jet continu à plateaux d'un système particulier. Ces plateaux, que l'inventeur nous montre près de son appareil, sont garnis de chicanes en spirale qui force, comme dans les appareils Egrot, les liquides alcooliques à séjourner longtemps au contact de la vapeur. Le reste de l'appareil se rapproche de celui de Cellier-Blumenthal.

MM. Lugand et Pommier, de Marseille, ont une exposition qui n'emprunte rien aux autres. Le but de ces constructeurs a été d'obtenir des alambics portatifs de hauteur limitée, tout en ayant une colonne puissante, et cela pour n'être jamais gênés par la distance souvent restreinte des plafonds dans les fermes où ils installent leurs appareils. Ils y sont arrivés en coupant leurs colonnes en deux tronçons réunis par une tuyauterie spéciale. Leur chaudière est double comme celle de Cellier-Blumenthal, ou plutôt de Pistorius modifiée; le chauffe-vin surmonte la colonne dans les petits appareils ou en est séparé dans les autres, le réfrigérant est placé sur un support attenant au fourneau, en sorte que tout l'appareil se déplace d'une pièce sans démontage. Les petits alambics pouvant produire de 50 à 250 litres d'alcool par vingt-quatre heures coûtent de 400 à 1,200 francs, et ont une hauteur variable de 2 à 3 mètres au maximum.

Leur appareil monté sur roue, très-rustique et très-bien installé, exposé aussi, est construit sur le même principe; il peut distiller de 500 à 1,000 litres de trois-six par vingt-quatre heures, avec une hauteur maxima totale de 3 mètres. La chaudière double comme précédemment est surmontée d'un tronçon de colonne, et un autre tronçon, le réfrigérant, et tout l'accessoire nécessaire au fonctionnement de l'appareil sont placés à côté. Le tout est monté sur un cadre de fer, et couvert d'un toit qui met les ouvriers, et l'appareil lui-même, à l'abri des intempéries des saisons lorsque l'on travaille en plein air. C'est une très-bonne machine très-recommandable.

La maison Lugand et Pommier construit en outre un très-joli appareil de chauffage des vins, appareils à eau de Seltz, chaudière à évaporer et cuire dans le vide, etc. Enfin elle est concessionnaire pour le midi de la France de la construction des appareils R. Pictet pour la production de la glace. C'est une maison dont l'Exposition est particulièrement remarquable.

Nous voyons près de là une petite distillerie portative, sur roues, fort bien construite par M. Chauveau à Loudun (Vienne) sur les modèles de la maison Egrot, avec de légères modifications de détail.

Plus loin l'appareil de MM. Bonhon et Cie pour la distillation des marcs, se composant d'une chaudière pouvant osciller autour de ses tourillons pour la vidange des marcs, d'une série de colonnes et réfrigérants surmontant une bâche à vin, et d'un générateur vertical occupant le centre de la voiture. Nous n'avons pu obtenir aucun détail sur cet appareil.

Nous avons conservé en dernier lieu l'exposition de M. Greffe de Tullins (Isère), pour en parler plus longuement. Elle se compose uniquement d'un appareil distillatoire locomobile construit sur le principe de Villard, mais dont toutes les parties sont parfaitement comprises et étudiées de manière à rendre l'ensemble de la machine aussi solide que possible, et à lui faire occuper un volume très-restreint tout en lui procurant un rendement élevé, avec manœuvre facile de toutes les parties du système. Car jusqu'ici les appareils de Villard étaient encombrants, nécessitant l'emploi d'un long chariot, souvent de deux, et étaient munis d'un grand nombre de robinets. Il n'en est pas de même de l'appareil de M. Greffe, qui n'occupe pas plus de place qu'une locomobile ordinaire dont il a la forme.

Voici le principe duquel est parti Villard dans l'invention de son appareil : lorsque l'on distille des marcs de raisin, leur volume considérable est un em-

barras, la vapeur agit mal dans la masse, filtrant irrégulièrement à travers les rafles. Au contraire, si l'on chargeait les plateaux d'une colonne d'une couche de marc, la vapeur, en traversant la colonne, épuiserait chaque petite portion beaucoup mieux que si tout le marc était réuni. C'est ce qu'il fit, et bien plus,

Fig. 30. — Appareil Greffe (de Villard modifié).

il se servit des rafles elles-mêmes comme de plateau perméable, en supportant de distance en distance par des tôles perforées mobiles dans la colonne. Il fut récompensé par le succès de cette belle idée, et construisit tout d'abord ses appareils en une seule colonne. De plus, il lui donna une hauteur suffisante pour que l'alcool se trouvât entièrement condensé avant le dernier plateau, ce qui lui permettait de laisser sa colonne ouverte par en haut. Dès lors, au moyen d'un ingénieux système, il déchargeait les rafles épuisées du premier plateau du bas, faisait descendre d'une hauteur correspondante toute la colonne, qu'il chargeait d'une nouvelle quantité de marc par le haut, de sorte que la distil-

lation des marcs, si encombrante jadis, devenait continue et par petites portions faciles à manier.

Plus tard, trouvant gênante la hauteur de sa colonne, Villard la coupa en trois segments qu'il plaça l'un à côté de l'autre, formant ainsi trois vases réunis par une robinetterie savante, permettant d'isoler l'un quelconque des vases pour le décharger et le recharger tandis que les deux autres continuaient à fonctionner. Chacun des vases alors contenait trois plateaux au moins, la vapeur les traversant de bas en haut, et les vinasses suivant le mouvement contraire. Villard intenta un procès qu'il gagna contre MM. Leplay et Cuisinier qu se servirent du même principe pour la distillation des alcools de betterave macérés en cossette, procédé décrit dans le premier chapitre et qui est le même dans le fond et dans la forme que celui-ci, les dimensions industrielles variant seules.

C'est cet appareil modifié qu'expose M. Greffe (fig. 20). Il se compose d'un générateur horizontal tubulaire monté sur roues, exactement semblable à celui d'une locomobile. La partie supérieure de ce générateur est surmontée des trois vases macérateurs dont le fond est hémisphérique et pénètre à l'intérieur de la chaudière jusqu'à toucher l'eau, s'arrêtant à quelques centimètres des tubes. Cette disposition permet de faire dans ces vases une évaporation au bain-marie, en se servant ou non de l'action de la vapeur, disposition fertile en applications, pour la fabrication des extraits de plantes aromatiques par exemple, et utilisant au maximum la chaleur de la machine, dès lors produisant une grande économie de combustible.

La question des réfrigérants était grave, car les serpentins occupent un grand espace, demandant des bâches lourdes et encombrantes; aussi l'inventeur a-t-il donné tous ses soins à rechercher des moyens simples de condenser les vapeurs. Il y est arrivé de la manière suivante. A droite et à gauche de la cheminée se trouvent deux systèmes tubulaires dont l'un est un alcoogène ou rectificateur, et l'autre le condenseur. Les liquides condensés se refroidissent dans un système de deux gros tubes parcourus par des tubes intérieurs plus petits, ayant toute la longueur de la chaudière à droite et à gauche de laquelle ils sont fixés sous le plancher qui permet de tourner autour des vases. Ces deux longs cylindres tubulaires sont réunis à leur extrémité antérieure par un tuyau par lequel se déverse l'alcool condensé. L'alimentation d'eau des réfrigérants se fait au moyen d'une pompe qui provoque la circulation dans les réfrigérants horizontaux d'abord, réfrigérants qui demandent peu d'eau à cause de leur grande surface; de là la même eau pénètre dans le condenseur, puis l'alcoogène, et enfin, si besoin est, dans le générateur, ou dehors s'il n'est pas utile d'alimenter. En sorte que la même pompe suffit au générateur et aux réfrigérants, nouvelle cause d'économie de combustible, l'eau arrivant déjà chaude dans la chaudière.

Le plancher qui dessert les vases distillatoires est en tôle et fait corps avec la chaudière. La robinetterie est très simplifiée par l'emploi de robinets à trois eaux permettant, soit de faire communiquer les vases entre eux, soit avec l'alcoogène, soit avec le tuyau de vidange; enfin les robinets de vapeur sont à la portée de la main, et un permet à volonté l'entrée dans les vases, ou l'échappement après l'opération.

Dans le cas des marcs de raisin, il est très lucratif d'extraire le tartre qu'ils contiennent en abondance. A cet effet, les couvercles fermant les vases de distillation sont munis à leur centre d'une soupape à laquelle on ajuste le tuyau d'eau, provenant du trop-plein, et lorsque le vase est isolé des autres, loin de rejeter la vapeur qu'il contient, on la laisse se condenser, y provoquer ainsi le vide, et aspirer dès lors la quantité d'eau nécessaire pour faire le lavage des marcs. On évacue alors l'eau chargée de tartre par le bas du cylindre, on découvre le

vase en enlevant le couvercle au moyen d'une petite grue placée sur le bâti, on soulève de même d'un seul coup les trois plateaux perforés qui entraînent tout le marc que l'on vide loin de l'appareil en faisant pivoter la grue sur elle-même, on recharge de même les plateaux, et l'opération recommence comme devant.

Nous nous sommes étendus sur cette machine parce que dans la 1re partie nous avions fort peu traité la distillation des marcs que nous voyons ici facile-

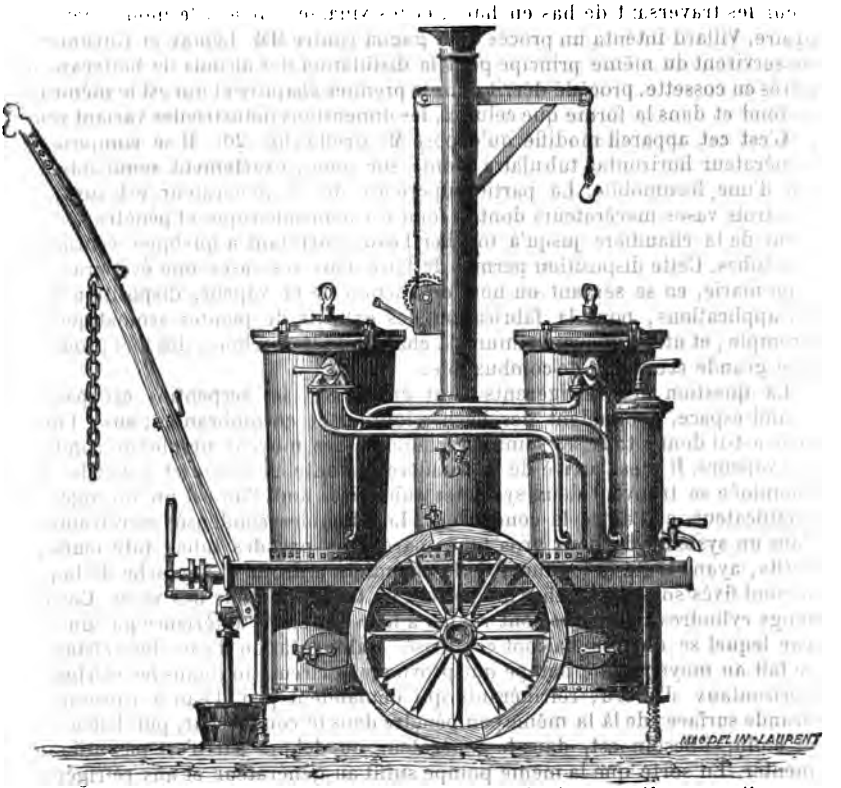


Fig. 21. — Appareil Greffe, modèle réduit.

ment exploitable. Cette machine se recommande donc à tous ceux qui font ce genre d'industrie, d'autant plus que M. Greffe en construit de plus petites, à un vase, intermittentes dès lors, et à deux vases, à travail continu (fig. 21). Le principe de ces appareils est toujours le même, seulement l'inventeur a cherché la plus grande économie possible du combustible en enfermant le foyer dans la paroi double d'une petite chaudière, qui produit ainsi la vapeur nécessaire au travail, tout en chauffant les vases distillatoires à feu nu. Dans l'appareil à deux vases, chacun d'eux est muni de son foyer et de son petit générateur, mais la vapeur de ces deux générateurs se réunit dans un dôme commun placé entre les deux vases.

Cette exposition modeste est donc pleine de portée et d'idées bien conçues qui font honneur à l'inventeur et aux constructeurs, chacun des points des machines,

que nous ne pouvons malheureusement relater tous, étant parfaitement étudié pour joindre à la légèreté et au peu de volume le maniement et le nettoyage faciles dans toutes les parties.

Nous nous arrêterons là, en ce qui nous concerne, dans l'énumération des beautés de l'Exposition universelle. Elle est fertile en machines distillatoires de toutes formes et de tous systèmes, mais nous apporte malheureusement peu de perfectionnements qui puisse faire époque dans l'art de la Distillation. Cependant on peut être fier de constater patriotiquement que la France, qui seule expose dans cette branche mécanique, a, depuis la dernière Exposition universelle, amélioré sa construction, créé de nombreux modèles nouveaux, et ne s'est laissé distancer par aucune autre puissance, et que, grâce à cette supériorité bien marquée de notre industrie, les machines distillatoires françaises se répandent à l'envi dans le monde entier.

HORSIN-DÉON.

EXPÉRIENCES

SUR

L'APPAREIL DISTILLATOIRE, DIT ÉRORATEUR,

DE M. KESSLER (1).

M. Kessler a fait, pour diverses industries, l'application d'appareils vaporisateurs à multiple effet, dans lesquels, par la superposition d'un certain nombre de cases, il utilise, à plusieurs reprises, la chaleur dépensée pour produire la première vaporisation. Cette première vapeur, en se condensant au contact du couvercle de la première case, abandonne sa chaleur latente à ce contact, et cette chaleur sert ainsi à produire dans la seconde case, et ainsi de suite, dans les diverses cases superposées, une nouvelle vaporisation.

Modifiés dans leurs détails de construction suivant l'objet spécial auquel ils sont destinés, ces appareils sont, lorsqu'ils sont portatifs et de petite dimension, de forme cylindrique, et la pente donnée aux couvercles, par leur forme légèrement conique, permet de recueillir à l'extérieur le produit de chaque condensation. La figure 22 représente l'appareil distillatoire de M. Kessler dans toute sa simplicité.

A est la chaudière proprement dite, ou première case, sur laquelle se place la seconde case, B, qui s'emboîte dans la première, ou dont le bord inférieur pénètre dans un anneau, ménagé pour former joint hydraulique, au haut de la première case.

Les cases C et D sont disposées de la même façon, et pourraient d'ailleurs être en plus grand nombre. La dernière, D, non recouverte, porte le nom de condenseur. C'est dans cette dernière case qu'on introduit en général l'eau que l'on veut distiller; elle s'y échauffe par la condensation, sur toute la surface de son fond conique, et pénètre, par les tubes de trop plein, jusque dans la chaudière principale, A.

Dans le cas où le liquide à distiller doit être recueilli en entier, on l'introduit dans l'une des capacités intermédiaires, dont on recueille directement le produit; les

(1) *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers*, tome V. (Paris, Eugène Lacroix, éditeur. 112, boulevard de Vaugirard.)

autres cases fournissent alors de l'eau distillée, que l'on obtient ainsi sans aucune dépense spéciale de combustible.

Dans les distillations de liquides ayant une certaine valeur, pour éviter toute perte par évaporation, on fait arriver les condensations de chaque case dans un tube en U renversé tel que celui qui est représenté en E, et qui est entouré d'un liquide froid, destiné à refroidir, jusqu'à la température ambiante, les produits de la condensation.

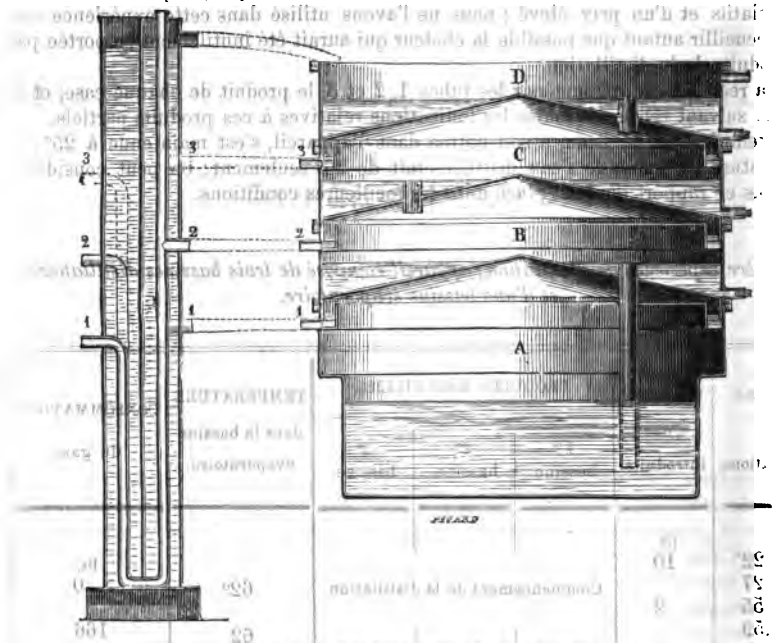


Fig. 22. — Appareil distillatoire Kessler.

M. Kessler a déjà installé divers appareils, soit pour la distillation, soit pour la concentration et la cristallisation des dissolutions salines, et il nous a demandé de faire au Conservatoire une constatation sur l'un des appareils distillateurs les plus simples.

L'appareil sur lequel nous avons opéré se composait de quatre cases qui sont représentées sur le dessin ci-joint; le diamètre de ces cases était de 0m,54.

Une triple couronne de becs de gaz avait été installée au-dessous de la chaudière pour servir aux diverses opérations; mais on a généralement employé que deux de ces couronnes, qui formaient un foyer suffisant, consommant environ 250 litres de gaz à l'heure.

On a consacré des expériences spéciales à la distillation de l'eau et à celle de l'alcool.

Expériences sur la distillation de l'eau.

M. Kessler a employé pour cet objet quatre cases superposées de son appareil; le fond de chacune des cases supérieures servait de couvercle à la case placée immédiatement au-dessous.

La dernière, à laquelle il donne, comme on l'a vu, le nom de condenseur, était ouverte à l'air libre, et c'était dans cette case que l'eau arrivait tout d'abord, après avoir parcouru toutefois un tube en U, dans lequel l'eau s'échauffait, en refroidissant l'eau distillée de chacun des compartiments.

L'alimentation des différentes cases se faisait par les tubes de trop-plein disposés sur chaque couvercle, et les divers assemblages fermaient suffisamment sans qu'il fut nécessaire de faire usage d'aucun lut.

Le tube d'alimentation en U n'est habituellement employé que pour les liquides très volatils et d'un prix élevé : nous ne l'avons utilisé dans cette expérience que pour recueillir autant que possible la chaleur qui aurait été inutilement emportée par les produits de la distillation.

On a recueilli séparément par les tubes 1, 2 et 3, le produit de chaque case, et le tableau suivant renferme toutes les indications relatives à ces produits partiels.

La température de l'eau, à son entrée dans l'appareil, s'est maintenue à 25°; la température moyenne de l'eau distillée était de 26° seulement; on peut considérer que sous ce rapport on était placé dans les meilleures conditions.

Première expérience de distillation; appareil composé de trois bassines distillatoires et d'une bassine évaporatoire.

HEURES des observations.	VOLUMES d'eau introduits.	PRODUITS RECUEILLIS. 1re bassine.	2e bassine.	3e bassine.	TEMPÉRATURE dans la bassine évaporatoire.	CONSOMMATION du gaz.
	lit.					lit.
11h.22'	10					0
11 .27		Commencement de la distillation			62°	
11 .55	2					166
11 .59					62	
12 .47	2	lit.	lit.	lit.	62	421
1 .15		2.000		1.000	62	
1 .40		1.000	2.000			
1 .54	2				63	661
2 .20	2				62	771
2 .56	2					
2 .57					63	951
3 .9				1.000	63	
3 .22	6	2.340	1.535	0.143		1060
4 .0	26	5.340	3.535	2.143	62.5	1060

Les quantités d'eau recueillies à 3h,22 sont celles qui se trouvaient dans les tubes de décharge au moment où l'opération a été terminée.

Le produit total de la distillation se compose de la somme des trois distillations partielles; il s'élève à 11,018 litres, mais ce chiffre ne comprend pas la vaporisation qui a lieu dans le condenseur.

On a introduit au total dans l'appareil 26 litres d'eau : il n'en restait plus à la fin

de l'opération que 11 litres; on a donc réellement vaporisé 26 — 11 = 15 litres, dont 11,018 seulement ont été recueillis comme eau distillée.

Afin d'obtenir, avec autant d'exactitude que possible, une évaluation de la chaleur dépensée, le chauffage s'est fait avec un fourneau à gaz disposé sous le vase inférieur.

La consommation du gaz a été mesurée par un compteur très sensible, et s'est élevée à 1060 litres, depuis le moment de l'allumage jusqu'à celui de l'extinction des becs.

D'après ces indications, les résultats généraux de l'expérience sont les suivants :

Durée de l'expérience	4 heures
Eau distillée, recueillie	11,018 litres,
Eau totale vaporisée	15,000 litres,
Volume de gaz consommé	1,060 litres.

En réduisant cette consommation à 1 mètre cube, les produits seraient seulement :

Eau distillée, par mètre cube de gaz	10,40 litres.
Eau totale vaporisée par mètre cube de gaz	14,15 litres.

Si nous voulons comparer ces résultats à ceux que fournirait en service courant la distillation à la houille, il faudrait multiplier le nombre précédent par $\frac{4}{3}$, les pouvoirs calorifiques moyens des deux combustibles étant de 8000 pour le kilogramme de houille et 6000 seulement pour le mètre cube de gaz.

On arriverait ainsi à une distillation de $10.40 \times \frac{4}{3} = 17,2$ kil. par kilogramme de houille, et à une vaporisation totale de $14.15 \times \frac{4}{3} = 18,86$ pour la même quantité de combustible.

Ces résultats s'expliquent facilement par l'utilisation successive de la même chaleur, qui, absorbée lors de la première formation de vapeur, est restituée aux divers compartiments par la condensation même de cette vapeur.

On remarque que les quantités d'eau vaporisées diminuent d'une case à la suivante, chaque condensation n'utilisant qu'une partie de moins en moins grande de la chaleur employée à la première vaporisation.

Si l'on déduit des 15 kilogrammes réellement vaporisés, les 11,018 qui ont été recueillis, on trouve par différence que la seule bassine ouverte, ou condenseur, aurait donné lieu à une vaporisation de 3,982, un peu plus grande que celle de la deuxième case. Cette augmentation relative d'effet, si elle était plus spécialement constatée, pourrait facilement s'expliquer par cette raison que la surface du liquide de ce condenseur est constamment en contact avec l'atmosphère ambiante, et non pas, comme dans les autres cases, avec une atmosphère toujours saturée de vapeur.

Afin d'évaluer plus directement l'économie résultant de l'emploi des appareils à double effet de M. Kessler, nous avons vaporisé de l'eau dans le même appareil, agissant à simple effet et chauffé à l'aide du même fourneau à gaz que précédemment.

Dans une première expérience la chaudière était recouverte de son couvercle constamment refroidi par le renouvellement de l'eau qui le baignait; dans une seconde expérience, la vaporisation avait lieu à l'air libre, et le résultat a été précisément le même que dans la première. Enfin une troisième expérience a été faite en augmentant le nombre des becs de gaz, afin d'activer la vaporisation. Dans ce dernier cas, la vaporisation par mètre cube a augmenté dans une notable proportion; mais

le résultat qui a été obtenu avec un foyer différent, ne peut être comparé à ceux qu'a fournis l'emploi de l'appareil à multiple effet.

Voici du reste les principaux éléments de ces trois déterminations.

Expériences de distillation; appareil simple.

DURÉES des expériences.	POIDS D'EAU vaporisée.	CONSOMMATION de gaz.	TEMPÉRATURE au condenseur.	TEMPÉRATURE de l'eau distillée.	EAU VAPORISÉE par mètre cube.	DÉSIGNATION DE L'EXPÉRIENCE.
3h.53'	10k	2298	49° à 62°	250°	4k.35	Une seule case, recouverte du condenseur.
57	5	1151	»		4 .34	Une seule case découverte.
15	2	380	»	330	5 .26	Une seule case, recouverte, feu plus actif.
					4k.65	Moyenne.

En nous arrêtant au chiffre des deux premières expériences, on voit que la vaporisation par mètre cube de gaz ne s'est élevée qu'à 4,35 litres, au lieu de 14,15 comme précédemment.

L'emploi de l'appareil à multiple effet a donc augmenté l'effet utile dans le rapport de 14,15 à 4,35, ou de 3,25 à 1,00.

Cette vaporisation de 4,65 litres par mètre cube de gaz reviendrait d'ailleurs, en calculant comme précédemment, à $4{,}35 \times \frac{4}{3} = 5{,}80$ litres par kilogramme de houille, et ce résultat montre que l'appareil ne fonctionnait pas, comme appareil à simple effet, dans les conditions les plus favorables.

Toujours est-il qu'à quadruple effet il donne comme vaporisation un résultat triple de celui que l'on obtient à simple effet dans des conditions aussi comparables que possible.

Expériences sur la distillation de l'alcool.

Les chiffres précédents étant établis pour la distillation de l'eau seule, on a cherché quelle serait la marche de l'appareil dans le cas le plus usité en industrie, et l'on a pris pour exemple le cas de l'évaporation d'un extrait alcoolique, la distillation de l'alcool au bain-marie simple.

A cet effet on a versé de l'eau dans le compartiment n° 1; on a recouvert ce compartiment avec la case n° 2, dont on a fermé les deux orifices d'alimentation et de trop-plein, par des bouchons, après y avoir introduit 10 litres d'alcool à 95°,2, et l'on a recouvert le tout avec le condenseur, dans lequel on a maintenu, pendant toute la durée de l'expérience, une couche d'eau suffisante, dont la température est indiquée dans le tableau suivant.

Expérience de distillation; appareil à trois bassines, celle du milieu étant chargée d'alcool.

HEURES des observations.	ALCOOL distillé recueilli.	TEMPÉRATURE au condenseur.	CONSOMMATION du gaz.
3h.56'			0l
4 .18	0l.0	35l	308
4 .28	1.0	»	»
4 .38	1 .0	40	»
4 .49	1 .0	43	»
5 .0	1 .0	43	»
5 .13	1 .0	43	»
5 .21	1 .0	37	»
5 .30	1 .0	48	»
5 .37	1 .0	40	»
5 .46	1 .0	40	»
5 .49	0 .8	40	982
1 .53	9 .8	41	982

On a ainsi distillé en 1h,53' 9l,80 litres d'alcool, au degré de 94°,8, et avec une dépense totale de 982 litres de gaz.

Ce produit revient à 10 litres d'alcool par mètre cube, et il faut encore ajouter à cette distillation celle de 4,20 litres d'eau qui ont été recueillis, après distillation et condensation, à la sortie du compartiment principal nº 1.

La distillation de l'alcool ou des extraits alcooliques se trouve ainsi accompagnée de celle d'un volume d'eau presque égal à la moitié de celui de cet alcool. C'est plus qu'il n'en faut dans la plupart des distilleries, qui se trouveraient ainsi alimentées, sans aucuns frais, de toute l'eau distillée dont elles peuvent avoir besoin.

En résumé, l'appareil à multiple effet de M. Kessler est par sa forme simple et sa construction facile, parfaitement approprié aux besoins de l'industrie, et il permet de tripler la quantité d'eau vaporisée, pour une dépense donnée de combustible.

Si dans la première expérience nous nous bornions à tenir compte de l'eau distillée recueillie, nous verrions encore que cette quantité est deux fois et demie aussi grande que celle évaporée à feu nu dans les appareils ordinaires. Le rapport exact est

$$11{,}018 : 4{,}35 = 2{,}53.$$

H. TRESCA,
Sous-directeur du Conservatoire impérial des Arts et Métiers.

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE
Eugène LACROIX, Éditeur, Paris, 112, boulevard de Vaugirard
(Anciennement 54, rue des Saints-Pères, et 15, quai Malaquais).

DICTIONNAIRE INDUSTRIEL

A L'USAGE DE TOUT LE MONDE

ARTS ET MÉTIERS, MINES, AGRICULTURE, ETC.

DESCRIPTION DE 100,000 SECRETS ET PROCÉDÉS DE L'INDUSTRIE MODERNE

PAR E. LACROIX
Ancien Officier de marine, Ingénieur civil,
Membre de l'Institut royal des Ingénieurs de Hollande, etc.

4 volumes gr. in-18, ensemble 3110 pages, caractères compactes, contenant la matière de 40 volumes ordinaires, avec 1225 figures dans le texte.

Prix : Broché, 40 fr. — Relié à l'anglaise, 44 fr.
Reliure 1/2 chagrin, toile sur plat, 50 fr.

ABRÉGÉ DE LA TABLE DES MATIÈRES

Agriculture : Engrais, amendements, prairies, génie rural, grande et petite culture, instruments agricoles, etc. — **Animaux domestiques** : Élevage, acclimatation, alimentation, domestication, hygiène, animaux de la chasse et de la pêche. — **Arboriculture** : Jardinage, horticulture, sylviculture, culture maraîchère, essences des bois et leur emploi dans l'industrie.

Architecture : Architecture civile et architecture rurale, les matériaux, les terrassements, la maçonnerie, la charpente, la serrurerie, la menuiserie, la peinture, habitation des animaux, etc.

Arts et métiers : Technologie, procédés de l'industrie moderne.

Arts industriels : Peinture, sculpture, décoration céramique, orfèvrerie, joaillerie, etc.

Astronomie : Météorologie.

Art militaire, marine, mathématiques : Navigation maritime et fluviale, astronomie, architecture navale, digues et canaux, hydrographie.

Art de l'ingénieur : Chemins de fer, mines, ponts et chaussées, routes et chemins, hydraulique, machines à vapeur, etc., etc.

Chimie et physique industrielle : Électricité, procédés chimiques, distillation, saccharification, économie industrielle, etc.

Commerce ; Connaissances pratiques, technologie générale et renseignements usuels, tenue des livres, etc.

Économie domestique et manufacturière : Procédés usuels, conservation des aliments, falsifications, recettes culinaires, fabrication des liqueurs, etc.

Histoire naturelle : Botanique, géologie, zoologie, etc. Insectes utiles et nuisibles : Vers à soie, apiculture, pisciculture, destruction des animaux nuisibles, etc.

Hygiène, médecine, chirurgie, pharmacie : Médecine domestique, chimie pharmaceutique, herboristerie, recettes, formules, plantes médicinales, etc.

Mécanique : Machines à vapeur, machines-outils, machines à travailler le bois et les métaux, instruments de précision, etc.

Minéralogie : Mines, géologie, métallurgie, sondage, etc.

AVIS. — La table générale alphabétique des matières, celle des figures, le tout accompagné de plusieurs pages-spécimen seront envoyées franco à toute personne qui en fera la demande par lettre affranchie.

LIBRAIRIE SCIENTIFIQUE, INDUSTRIELLE ET AGRICOLE
EUGÈNE LACROIX ÉDITEUR
Paris, 112, boulevard de Vaugirard

Extrait du Catalogue général

MEULERIE, MEUNERIE, BOULANGERIE

BENOIT. — **Guide du meunier et du constructeur de moulins**, 1re partie, construction des moulins ; 2e partie, meunerie, 2 vol. in-8 de 900 pag. avec 22 pl. contenant 638 fig. 12 »

BOLAND (A.). — **Traité pratique de boulangerie.** in-8, 404 p. et 1 pl. 5 »

BRETON. — Moyens de prévenir la **Pénurie et la cherté des grains.** In-8, 32 pages. 2 »

COMPAGNON. (Ch.). — **Traité complet, théorique et pratique des transactions sur les blés et farines.** In-16, 148 p. 3 50

COMPAGNON. — **Contrôle raisonné du traité des transactions.** In-16 18 pages. 2 »
Les deux ouvrages ensemble. 5 »

DUBIEF. — Guide pratique du **Féculier** et de **l'Amidonnier**, 2e édition, 1 vol. de 267 p. avec gravures dans le texte. 5 »

GRANDVOINNET, etc. — **Meulerie et meunerie.** — Etude sur le gisement, l'exploitation et le travail des pierres employées à la fabrication des meules. Gr. in-8, texte, 36 fig. et 1 pl. 4 »

HORSIN-DÉON. — Chimie industrielle : **La Fécule, l'Amidon et leurs dérivés**, fabrication des glucoses, 40 p. et 11 fig. 2 »

MARCHAL (O.) ingénieur civil. — **Atlas du meunier et du constructeur de moulins** ; moulins à blé de constructions diverses : française, anglaise, système américain ; machines à tailler les meules ; moulin à vent ; machines à nettoyer les blés ; bluterie ; pétrin en fonte ; fabrication des biscuits de mer.
Tables des chapitres : Moulins à blé de construction anglaise. — Machine à tailler les meules. — Moulin à vent et chaudière à vapeur. — Moulins à vent. — Moulin à broyer à mouvement circulaire alternatif, employé dans les manufactures pour réduire le tabac en poudre. — Moulin à blé construit suivant le système américain. — Ramoneur ou machine propre au nettoyage du blé. — Bluterie à farine de forme hexagonale. — Moulins à blé marchant à courroies. — Pétrin à fonte pour la pâte du pain. — Fabrication des biscuits de mer, 1 vol. gr. in-f. de 41 pl. doubles, avec texte explicatif. 40 »

MARMAY. — **Guide pratique de la meunerie et de la boulangerie** par M. Pierre Marmay, ancien meunier. — Extrait de la table des matières : Nature du froment. — Culture. — Nettoyage. — Conservation. — Commerce des grains. — Meulerie et meunerie. — Bluteries. — Semouleur mécanique. — Usine à farine. — Commerce des grains et boulangerie. — Taxe de pain. — Fours et pétrins. — Gruau de santé. — Annexe. — 1 vol. de 144 pag. avec atlas de 9 pl. in-4, gravées sur acier. 10 »

THIÉBAULT. — **Le guide du meunier.** in-8. 1 »

VAN STOLK. — Tableaux graphiques donnant les **Prix des Grains** (froment, seigle, blé, sarrasin) pendant 25 ans, de 1840 à 1864. In-folio. 5 »

VIGIEUX. — **La minoterie** ; conférence faite au Trocadéro, par M. L. Vigreux, professeur à l'école centrale. 1 broch. in-8. 0 75

VILLAIN. — **Boulangerie et pâtisserie.** — Comprenant : l'historique, la fabrication ancienne, la fabrication nouvelle, travail à bras, travail mécanique, pain de munitions et biscuits d'embarquements, pains de fantaisie et de diverses sortes, etc. 1 vol. de 34 p. avec fig. dans le texte et 2 pl. in-fol. 2 50

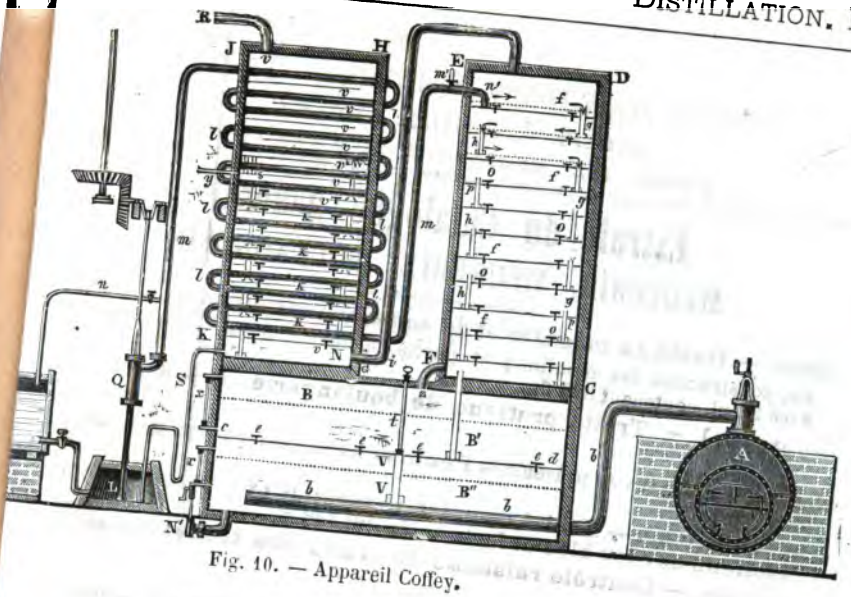
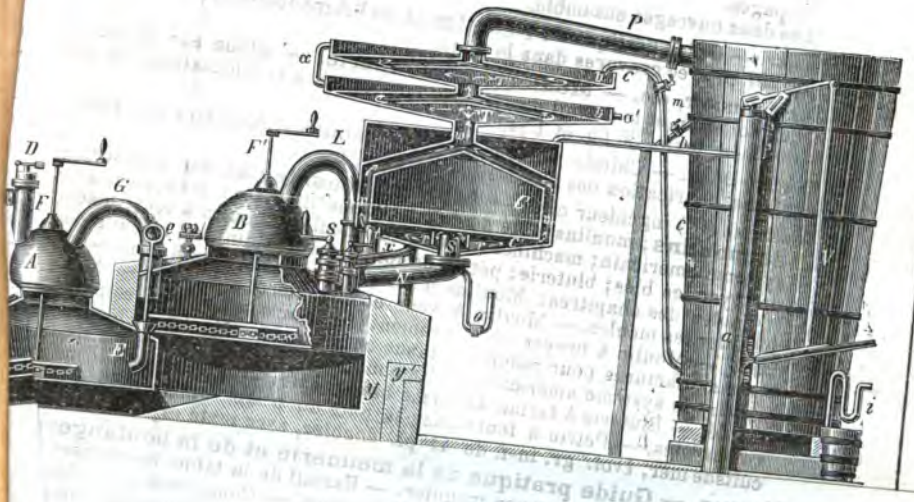
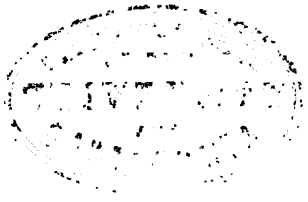


Fig. 10. — Appareil Coffey.



Paris. - Imp. E. LACROIX.



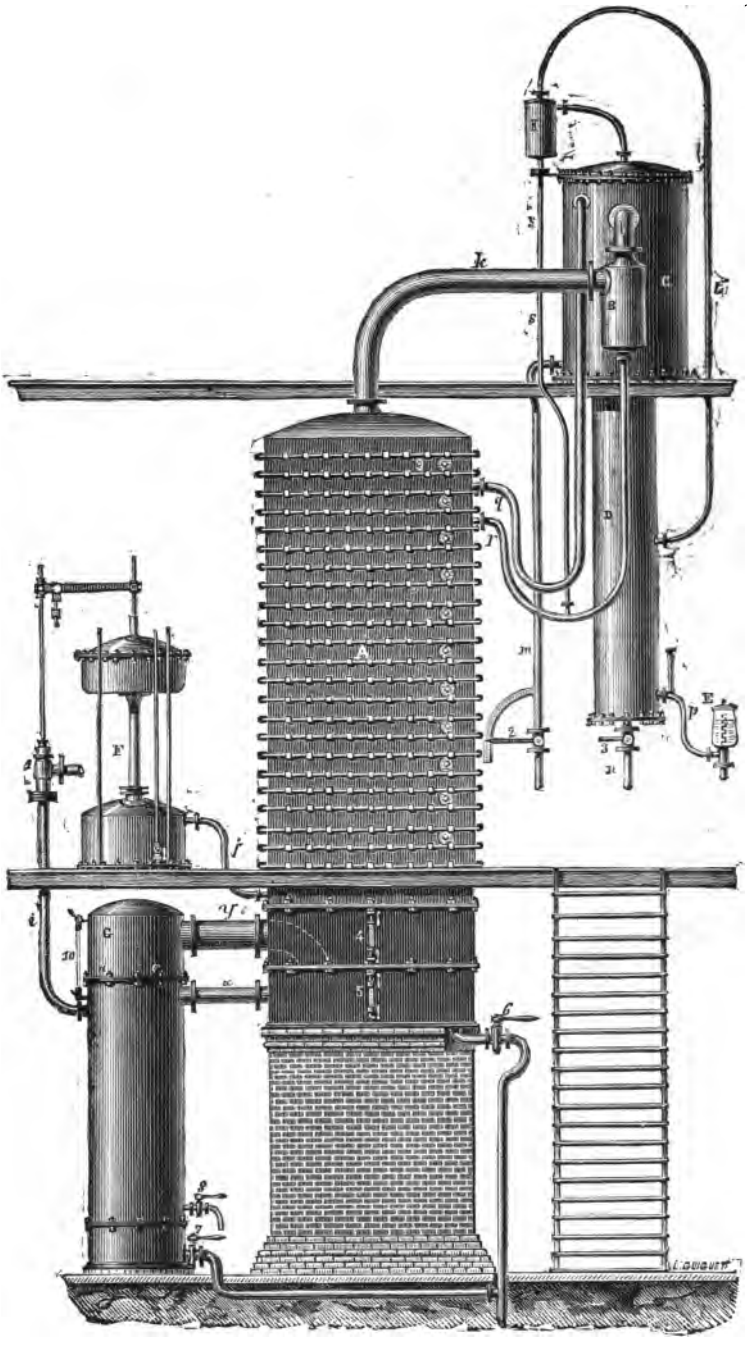
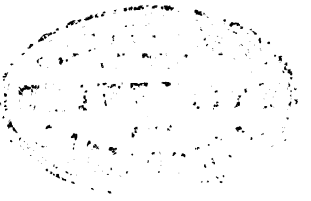


Fig. 5. — Appareil rectangulaire Savalle.

Paris. - Imp. E. LACROIX.



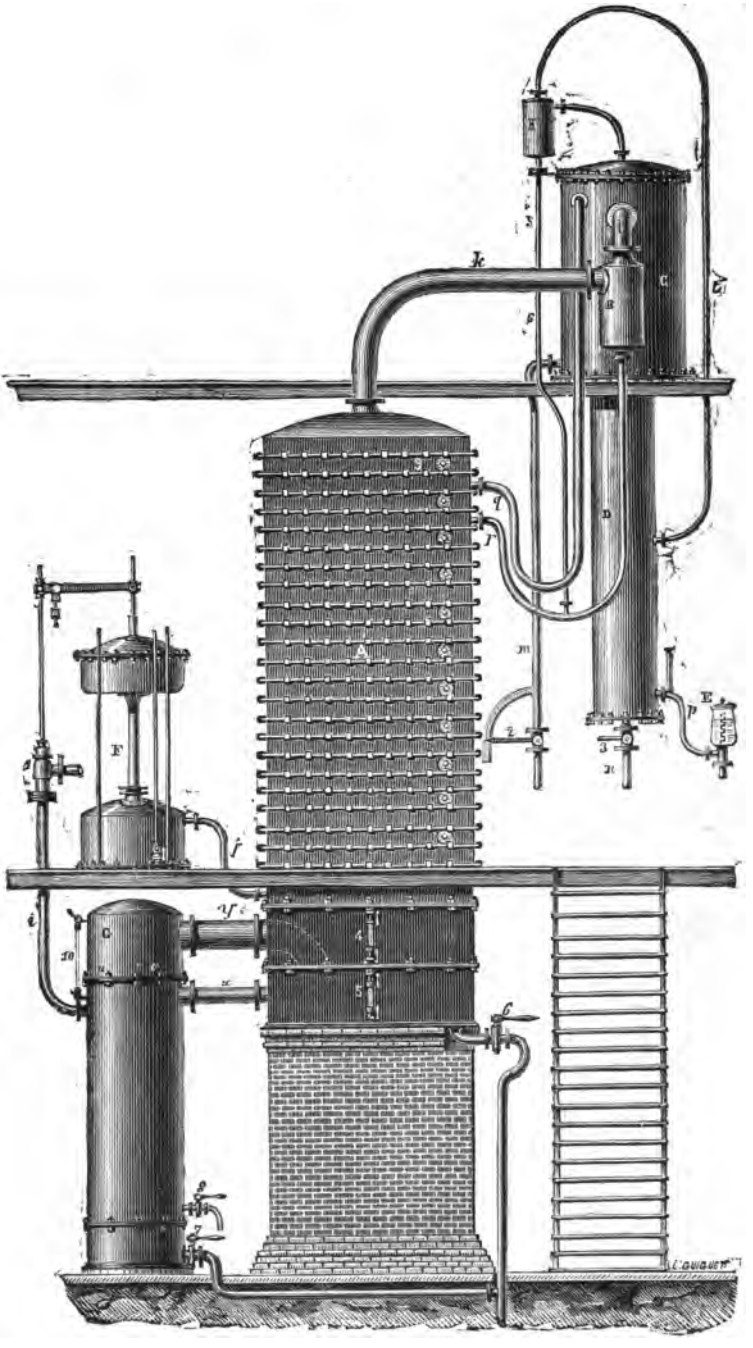
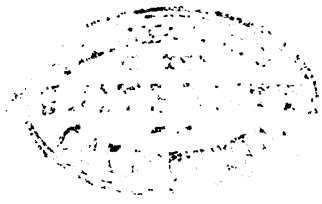


Fig. 5. — Appareil rectangulaire Savalle.

Paris. - Imp. E. LACROIX.



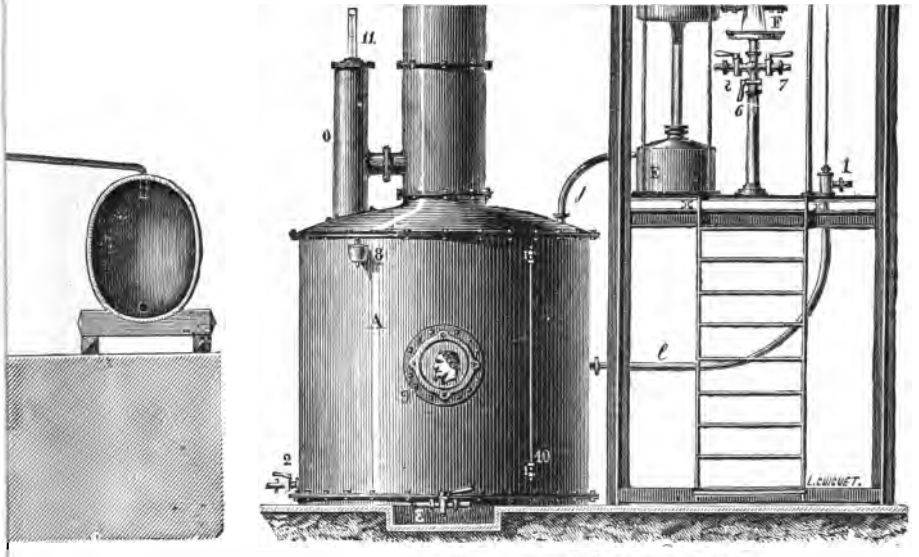


Fig. 3. — Appareil à rectifier Savalle.

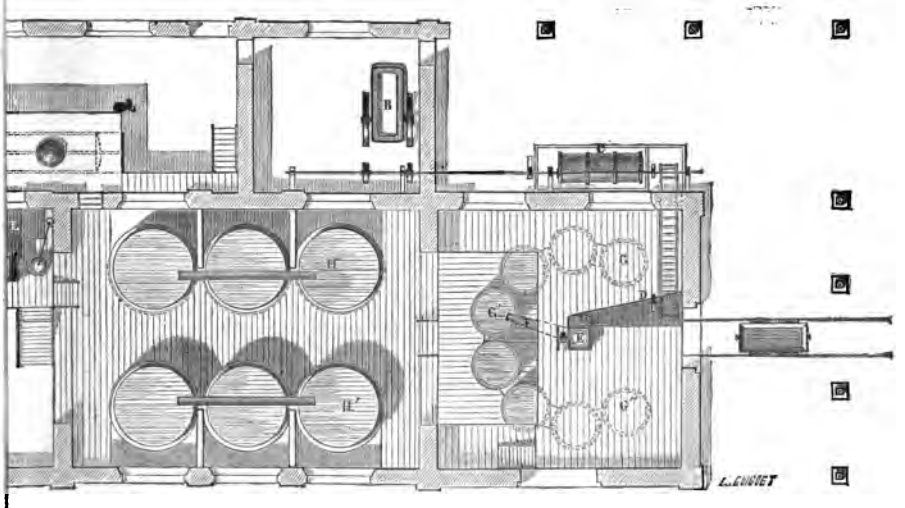
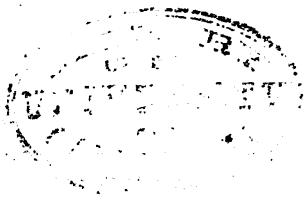


Fig. 5.

Paris. — Imp. E. LACROIX.

A.ARTHUR SC.
E.BENOIST 1878



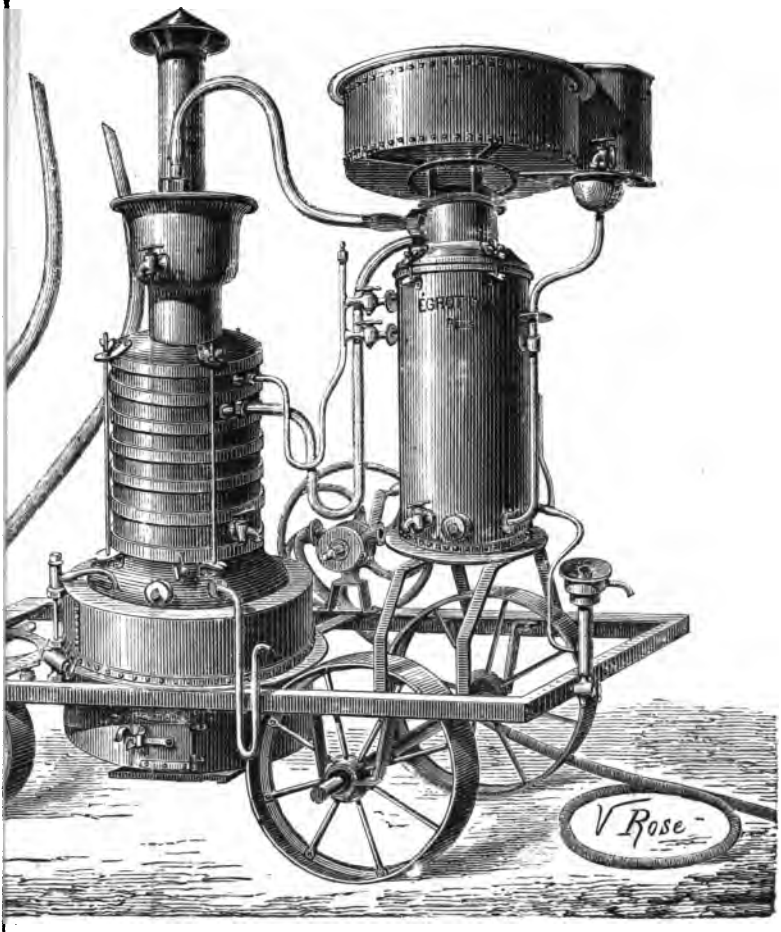


Fig. 4. — Appareil locomobile, Egrot.

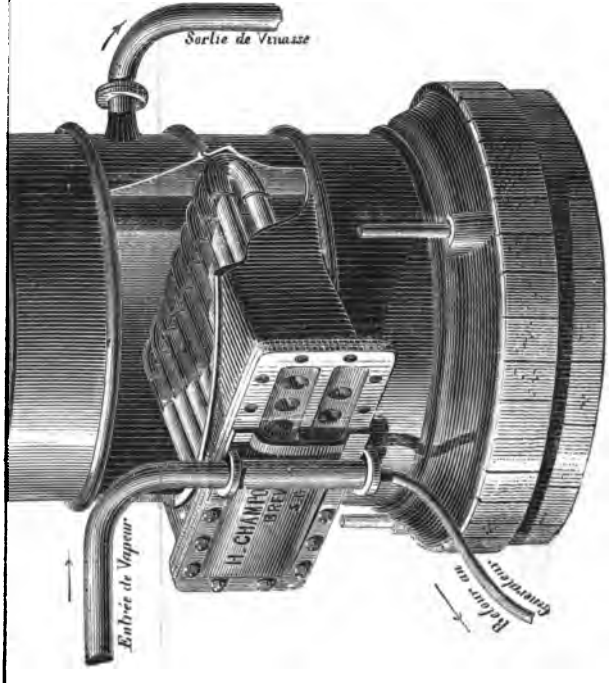
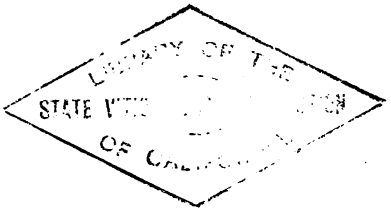


Fig. 4. — Appareil Champonnois.


LIBRARY OF THE
STATE
OF

RETURN TO the circulation desk of any
University of California Library
or to the
NORTHERN REGIONAL LIBRARY FACILITY
Bldg. 400, Richmond Field Station
University of California
Richmond, CA 94804-4698

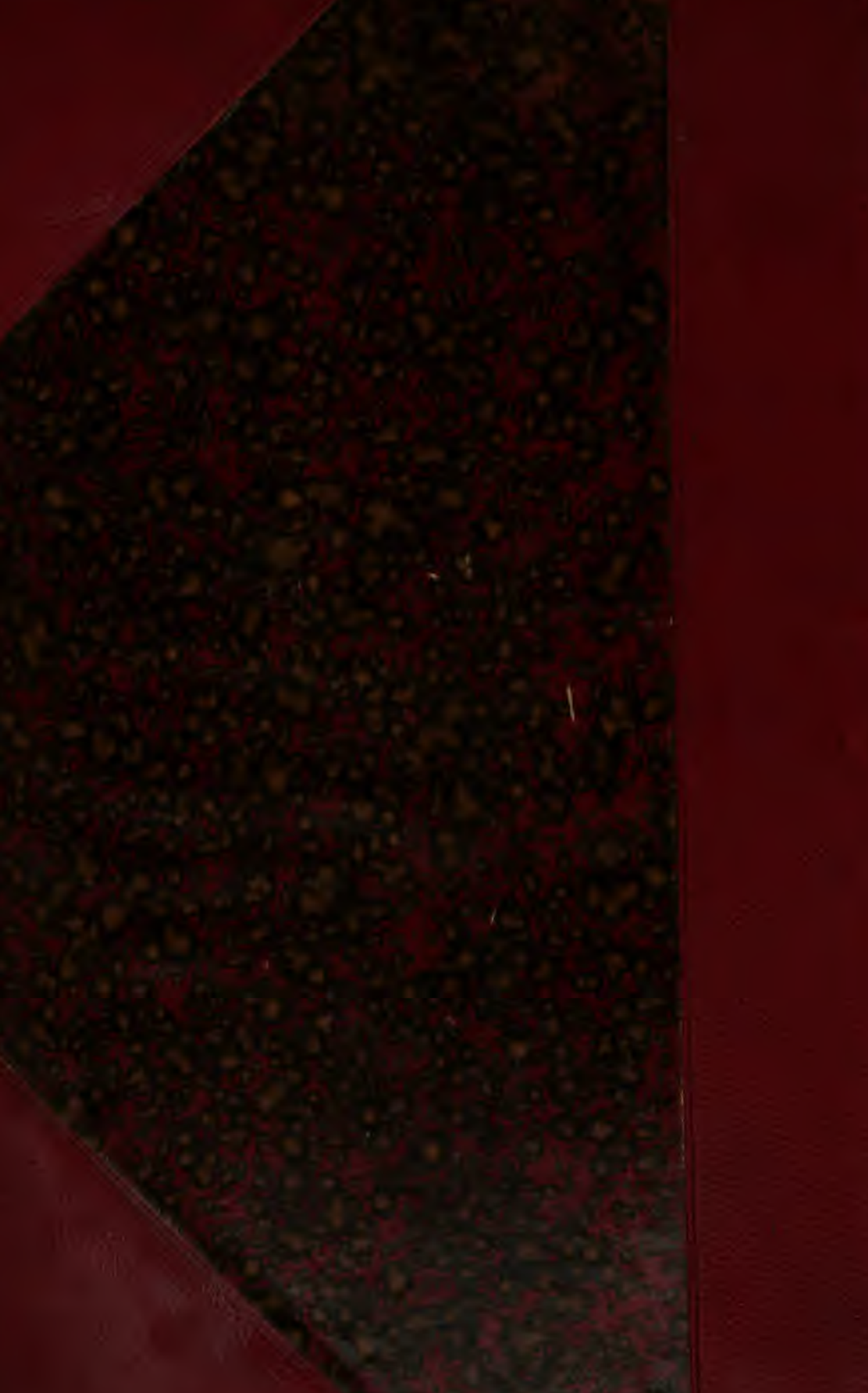
ALL BOOKS MAY BE RECALLED AFTER 7 DAYS
2-month loans may be renewed by calling
(415) 642-6233
1-year loans may be recharged by bringing books
to NRLF
Renewals and recharges may be made 4 days
prior to due date

DUE AS STAMPED BELOW

AUG 1 1989

YC 18315

61581

TP 593
H6

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY